

Fertilité et relations agriculture-élevage en zone de savane



CIRAD

Actes de l'atelier
5-6 mai 1998
Montpellier, France

Illustration de couverture
Pâturage après récolte du coton au Nord Cameroun
P. Dugué

© Cirad 2000

Fertilité et relations agriculture-élevage en zone de savane

Patrick DUGUÉ
Éditeur scientifique

Actes de l'atelier

Les flux de biomasse et la gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs
5 - 6 mai 1998
Montpellier, France

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

P. DUGUÉ (éditeur scientifique), 2000. Fertilité et relations agriculture-élevage en zone de savane. Actes de l'atelier sur les flux de biomasse et la gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs. Cirad, 5-6 mai 1998. Cirad, Montpellier France, Colloques, 200 p.

Remerciements

Les participants remercient la direction scientifique du Cirad qui a soutenu ces recherches dans le cadre d'une action thématique programmée de 1994 à 1996 et permis l'organisation de l'atelier tenu à Montpellier les 5 et 6 mai 1998.

Edition - mise en page : C. Mazzela-Second, C. Rawski.

© Cirad 2000
ISBN : 2-87614-408-5
ISSN : 1264-112X

Sommaire

Introduction générale	
Evolution des systèmes agraires en Afrique sub-saharienne.....	5

Partie I. Flux de biomasse et gestion de la fertilité des terres Cas des zones de savane du Nord-Cameroun

Introduction et résumé des débats.....	11
Flux de biomasse et gestion de la fertilité. Etude de cas dans trois terroirs agro-pastoraux du sud du Tchad J. NGAMINE, M. ALTOLNA.....	13
Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs Etude de cas au Nord-Cameroun et essai de généralisation aux zones de savane d'Afrique sub-saharienne P. DUGUÉ.....	27
Espaces et pratiques paysannes. Les relations élevage-agriculture dans deux terroirs cotonniers du Nord-Cameroun J. PICARD	61

Partie II. Gestion de la biomasse végétale et relation agriculture-élevage dans différentes situations tropicales

Introduction et résumé des débats.....	75
Gestion et utilisation de la matière organique dans la zone centre du Bassin arachidier (Sénégal) A. NIANE BADIANE, B. SZEMPRUCH.....	79
La durabilité du système cotonnier-sorgho Enjeux et contraintes F. GANRY, Z.J.L SANOGO, J. GIGOU, R. OLIVER.....	89
Gestion de la fumure animale dans un terroir du sud-ouest du Niger F. ACHARD, M. BANOIN, C. BARTHOLMEY	97
L'agro-élevage des Foulbés de Ngaoundéré (Adamaoua camerounais) Les évolutions des relations entre l'agriculture et l'élevage J. BOUTRAIS.....	107
Gestion agrobiologique et semis direct M. RAUNET.....	123

Partie III. Quelques méthodes innovantes pour l'analyse et l'intervention en milieu tropical

Introduction et résumé des débats.....	131
Evolution de la place de la jachère dans l'utilisation de l'espace et des ressources d'une petite région au Sahel agropastoral nigérien. Essai d'analyse spatiale des interactions entre systèmes écologiques et systèmes sociaux M. LOIREAU, J.M. D'HERBES, E. DELABRE	135

Etude de la valorisation des ressources fourragères par les éleveurs sur des terroirs agro-sylvo-pastoraux soudaniens. Pratiques d'élevage et utilisation de l'espace A. ICKOWICZ, D. RICHARD, R. MANLAY.....	147
L'interdisciplinarité pour la modélisation dans la recherche-développement Une application aux relations élevage-agriculture en zone soudano-sahélienne au Cameroun J. ROUCHIER, M. REQUIER-DESJARDINS.....	157
Comprendre les relations système de culture - système d'élevage dans les exploitations agricoles bretonnes. Une démarche de recherche-action pour contribuer à la maîtrise des pollutions agricoles B. MONTEL.....	169
Flux de matières et gestion de la fertilité dans les exploitations agricoles en zone cotonnière du Mali. Une approche participative de recherche-action dans deux villages du Mali-Sud S. KANTÉ, T. DEFOER, T. HILHORST, M. TRAORÉ, R.L. BERTHÉ	181
La gestion de la fertilité des sols en Afrique. Présentation d'un guide pratique pour l'apprentissage participatif et la recherche-action T. DEFOER, A. BUDELMAN, C. TOULMIN, S. CARTER, J. TICHELER.....	191
Liste des participants	199

Introduction générale

Evolution des systèmes agraires en Afrique sub-saharienne

L'accroissement démographique et le renforcement des flux migratoires de population et d'élevage pèsent de plus en plus sur les ressources naturelles des zones sahéliennes et soudaniennes d'Afrique sub-saharienne. Ces facteurs déterminent en grande partie l'évolution des systèmes agraires et des systèmes de production de ces régions. Les décideurs, les développeurs et les organisations de producteurs se demandent comment améliorer la gestion des ressources naturelles et plus particulièrement la gestion des terres, afin de développer une agriculture durable.

Dans les modèles classiques de développement rural, l'intégration de l'élevage à l'agriculture au sein de l'exploitation agricole a été fréquemment proposée pour répondre à cette attente. Elle correspond le plus souvent à un ensemble d'innovations techniques certes intéressantes mais peu adoptées par les producteurs : production d'un fumier de qualité, culture fourragère, amélioration des systèmes d'élevage intégrés à l'exploitation. Une autre forme d'intégration ou d'association a été tentée à l'échelle de terroirs ou territoires agropastoraux qui voulait développer les relations techniques (contrat de fumure), économiques (échanges de produits), sociales entre éleveurs et agriculteurs sur un même espace. Lorsque ces relations ne reposent pas sur une histoire commune, il a été très difficile de promouvoir ce type d'intégration. Généralement lorsque la pression sur les ressources naturelles s'intensifie, les éleveurs sont amenés à quitter les territoires peuplés ou ont du mal à s'y maintenir en bonne entente avec les agriculteurs.

Le développement agricole ne peut pas uniquement reposer sur l'intégration de l'élevage à l'agriculture même dans les régions où l'élevage est présent. La majorité des exploitations agricoles ne possèdent pas de bovin ou seulement une paire de bœufs de trait. De plus, des contraintes sanitaires fortes limitent le développement de l'élevage dans les régions les plus humides.

Des modèles de développement fondés sur la valorisation des matières organiques

Pendant de nombreuses années, l'objectif de la recherche agronomique et zootechnique en Afrique sub-saharienne a été d'accroître les rendements des cultures et du bétail. L'amélioration des performances des troupeaux s'est appuyée sur l'introduction de races améliorées, d'aliments concentrés et de produits vétérinaires. De même, l'accroissement des rendements des cultures a constitué le pivot du modèle de la révolution verte en combinant l'utilisation de variétés améliorées, de fumure minérale, de pesticides et de la mécanisation. A partir des années 80, les agro-pédologues ont montré les limites de ce modèle et, en particulier, l'importance d'entretenir le statut organique des sols. Les vulgarisateurs ont alors mis un accent renouvelé sur l'utilisation de la fumure organique en particulier la fumure animale. Les économistes ont, par ailleurs, souligné la faible capacité d'investissement des agriculteurs africains et les difficultés qu'ils rencontrent pour s'équiper et acquérir des intrants agricoles en particulier les engrais minéraux. Ainsi, certains spécialistes du développement rural ont avancé la notion de systèmes de production à faible niveau d'intrants externes reposant en grande partie sur la valorisation des ressources locales (fumier, compost, émondes d'arbres, plante de couverture, légumineuses fixatrices d'azote...). Dans ce contexte technico-économique, les chercheurs et les développeurs accordent de plus en plus d'importance aux ressources en matières organiques transformées (fumier, poudrette, compost, litière décomposée) ou brutes (pailles, déchets de battage, mulch végétal...).

Il en est de même pour les producteurs (agriculteurs et éleveurs). Mais dans ce cas, la fonction fourragère de cette biomasse prime largement sur celle d'entretien de la fertilité des sols. On entend ici par biomasse la production herbacée (résidus de culture et pâturages naturels) et la production de fumure

organique. Ainsi, les résidus de récolte sont devenus, dans bien des régions sahéliennes, la première ressource fourragère durant la saison sèche. Lorsque la densité de population et la charge animale augmentent (ce qui se fait souvent concomitamment), les disponibilités en biomasse par habitant et par Ubt diminuent. Des produits comme le bois de feu, la paille de céréales ou de graminées de brousse etc. acquièrent une valeur d'usage et même monétaire de plus en plus importante. Ainsi, on passe rapidement d'une situation où ces biomasses ont peu de valeur et sont généralement détruites par les feux de brousse à des situations où elles font l'objet de commerce, d'échanges. L'accès à ce type de ressources peut être à l'origine de conflits entre ruraux. Des éleveurs semi-sédentaires qui avaient l'habitude d'exploiter la vaine pâture de résidus de culture dans certains terroirs se voient interdire l'accès à cette ressource par les villageois. Dans d'autres cas, les paysans monnaient cet accès.

Biomasses végétales et matières organiques : des ressources sous-valorisées

Sauf dans les régions les plus peuplées ou lorsque la production de biomasse est limitée par une faible pluviométrie, les biomasses végétales ainsi que la fumure organique disponibles sont généralement mal valorisées. Des pertes importantes sont dues à la destruction des biomasses par le feu ou le transport de matières par le ruissellement. Il faut rappeler que ces matériaux bruts ou transformés sont difficiles à transporter surtout lorsque les populations ne disposent pas d'équipements appropriés et d'infrastructures comme des pistes ou des chemins ruraux. La transformation des matériaux de base en fumure organique ou en fourrage de qualité nécessite aussi de disposer des équipements, des outils et du temps pour réaliser des travaux tels que le hachage ou le traitement chimique des pailles, le retournement et l'arrosage du compost... Par ailleurs, certaines pratiques comme celle des feux précoces se justifient pleinement pour l'entretien des parcours même si elles peuvent avoir des conséquences néfastes du point de vue de la biologie et du statut organique du sol.

Le point sur les acquis et les travaux en cours

L'intégration de l'élevage à l'agriculture promue dès les années soixante dans les régions sahéliennes et soudaniennes reprenait en fait le modèle de la petite agriculture européenne des siècles précédents caractérisé par le développement de la mécanisation à traction animale et la culture fourragère. On connaît aujourd'hui les contraintes au transfert de ce modèle en Afrique sub-saharienne : faible rémunération des produits animaux limitant l'intensification des systèmes d'élevage, faible capacité d'investissement des producteurs, modalités d'accès au foncier et à la biomasse ne favorisant pas l'aménagement des terres... Ce modèle de développement a toutefois abouti à des succès qui ont bouleversé le paysage agricole de certaines régions : la culture attelée bovine en zone cotonnière ; la culture attelée équine et asine au Sénégal, au Niger, sur le Plateau central burkinabé ; le transport asin dans tous les pays du Sahel. L'utilisation de la fumure animale est en progression dans toutes les régions où la baisse de fertilité des terres est apparue pour les paysans comme une contrainte majeure de la production agricole. Mais il faut reconnaître que la fabrication d'un véritable fumier à partir de litière et le recyclage raisonné des résidus de culture sont encore peu pratiqués par les paysans. Il en est de même pour les cultures fourragères.

La recherche agricole a évidemment accompagné ces évolutions. On rappellera les travaux menés dès les années 60 sur le rôle et l'évolution de la matière organique dans les sols cultivés. La quantification des disponibilités en résidus de récolte et de leurs diverses utilisations a été réalisée dans différentes régions et certains de ces travaux actualisés sont présentés dans ce document. Les agropastoralistes ont évalué les fourrages des parcours naturels et prennent de plus en plus en compte, dans les bilans de ressources pour le bétail, la partie consommable des résidus de culture. Parallèlement, les zootechniciens ont mis au point des méthodes de suivi de l'alimentation des troupeaux au pâturage. Les spécialistes de l'alimentation du bétail ont ainsi défini une gamme de rations pour les différents cheptels et mis en évidence les rôles importants, dans certaines régions, des fourrages ligneux ou des sous produits agricoles (tourteau, sons...).

Plus récemment, les agronomes ont cherché à mettre au point des systèmes de culture fournissant, outre des produits consommables et commercialisables, une biomasse pouvant être recyclée in situ en vue d'entretenir le statut organique du sol et de le protéger contre l'érosion (les systèmes agroforestiers, les

systèmes de culture avec plantes de couverture ou intégrant des jachères améliorées de courte durée). Concernant l'Afrique sub-saharienne, ces systèmes de culture sont en cours de mise au point en station et avec les producteurs (sauf les systèmes ancestraux des parcs arborés associant cultures et *Faidherbia albida*). Certains d'entre eux n'excluent pas l'utilisation d'une partie de la biomasse produite par le bétail (pâturage raisonné des jachères améliorées par exemple).

L'objectif ici n'est pas de faire une présentation exhaustive de tous les acquis scientifiques et techniques obtenus dans le domaine du recyclage des biomasses végétales et des fumures organiques et plus globalement de l'intégration de l'élevage à l'agriculture. On soulignera seulement que ces différents travaux ont été menés par grand secteur de production, sans associer de façon raisonnée agronome, agropastoraliste et zootechnicien, géographe et socio-économiste. Ainsi peu de travaux ont tenté de mesurer de façon globale l'impact de l'élevage sur l'agriculture et vice versa. Il a manqué bien souvent un cadre général d'analyse pour caractériser et évaluer les relations entre ces deux secteurs de production et aussi par rapport à un ensemble de ressources naturelles. Ce cadre général est nécessaire pour définir avec les producteurs, les innovations techniques et organisationnelles susceptibles de valoriser les complémentarités entre ces deux secteurs de production

En partant de ce constat, une équipe de chercheurs basés au Nord-Cameroun et au Tchad a tenté d'apporter quelques éléments novateurs sur le fonctionnement des systèmes agraires en zone cotonnière et plus particulièrement sur les relations entre l'élevage et l'agriculture. Elle s'est consacrée à caractériser les flux de biomasse au sein de terroirs afin d'en déterminer leurs impacts sur la fertilité des sols. Cette caractérisation comprend la quantification et la localisation de ces flux de biomasse mais aussi l'analyse des pratiques et des règles de gestion de cette biomasse par les paysans et les éleveurs. Des modèles simplifiés des flux de biomasse à l'échelle de l'exploitation agricole et du terroir permettent de discuter de l'intérêt de certaines des innovations techniques qui ont été testées avec les producteurs au Tchad et au Nord-Cameroun.

Des concertations et des recherches pluridisciplinaires à développer

L'atelier dont sont issus ces actes a constitué un moment d'échange entre chercheurs de disciplines différentes (géographes, économiste, agronome, zootechnicien...) s'intéressant tous à la gestion des ressources en matière organique et aux relations agriculture élevage. Cet atelier avait trois objectifs majeurs :

- la restitution des résultats des recherches menées au Tchad et au Nord Cameroun ;
- la présentation d'expériences et d'études de terrain menées dans d'autres régions et portant sur la gestion de la biomasse, les transferts de fertilité, les relations agriculture élevage... ;
- des apports méthodologiques sur l'analyse des flux de matière (biomasse, érosion...) et sur les possibilités de les modéliser.

L'organisation du document en trois grandes parties correspond à ces trois objectifs. Les présentations d'ordre méthodologique et les discussions qui s'en sont suivies ont porté sur trois points principaux :

- l'espace et les ressources naturelles : la perception de ces ressources par les utilisateurs, l'interaction entre les différents acteurs (principalement agriculteurs et éleveurs), interaction entre le domaine cultivé « approprié » et le domaine sylvopastoral « collectif » ;
- l'impact des modes de gestion des ressources naturelles et des flux de biomasse sur la conduite et les performances des systèmes de cultures et d'élevage (intensification des systèmes de production, fixation et durabilité de l'agriculture) ;
- l'articulation entre des travaux d'analyse et de diagnostic et l'appui aux producteurs, aux communautés rurales et aux structures de développement (aide à la négociation entre acteurs, aide à la décision au niveau collectif et individuel, intérêt de la modélisation...).

Les enseignements tirés de ces travaux sont présentés de façon synthétique au début de chacune des trois parties. Ils pourront aider à la programmation de futures recherches dans le domaine de la gestion durable des ressources naturelles des systèmes agro-sylvo-pastoraux.

Partie I

Flux de biomasse et gestion de la fertilité des terres Cas des zones de savane du Nord-Cameroun



Introduction et résumé des débats

Trois communications (J. Ngamine et M. Altolna, J. Picard, P. Dugué) présentent les principaux résultats obtenus dans le cadre de l'Atp « Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle du terroir ». L'échelle d'analyse privilégiée dans cette étude est le terroir villageois compris comme un espace utilisé par une communauté rurale. Des enquêtes et des études dévolution de biomasse au sol ou sous forme de stocks fourragers ont aussi été menées sur des échantillons de parcelles et d'exploitations agricoles. Le dispositif d'étude est constitué de cinq terroirs villageois localisés dans la même zone climatique (900 à 1 000 mm, une seule saison des pluies) au Tchad et au Cameroun. Ces terroirs diffèrent par leur densité de population agricole et par la place et les types d'élevage qui y sont pratiqués (tableau I).

Ce dispositif d'étude est caractérisé par un gradient de pression sur les deux principales ressources naturelles exploitées par les populations de ces terroirs : les terres agricoles et les parcours. La fourniture en produit ligneux commence à poser problème dans les deux villages les plus peuplés (Tchanar et Héri), qui sont aussi situés dans le nord de la zone d'étude, la moins pluvieuse. Les flux de produits ligneux n'ont pas fait l'objet de mesures précises dans le cadre de cette étude, mais pourraient être à l'avenir pris en compte au moins lorsque les terroirs ne sont plus autosuffisants pour ce type de biomasse. Dans ce cas, une partie des résidus de culture est utilisée comme matériau de construction et comme combustible ; de plus l'arbre à faible densité, dans les parcelles de culture, en périphérie de parcelle et dans les zones non cultivées, n'a plus de rôle significatif dans le maintien de la fertilité du sol. Sans reprendre en détail ces trois communications et leurs conclusions, on peut en tirer des enseignements généraux pour la zone de savane où cohabitent élevage et agriculture.

Tableau I. Densité de population et type d'élevages dans les terroirs étudiés.

Terroir villageois	Situation géographique	Densité de population hab/km ²	Type d'élevage bovin	Flux migratoire	Présence de jachère
Héri	Cameroun, 20 km au sud de Guider	111	Sédentaire, reliquat élevage extensif	Quasi nul, quelques départs vers le sud	Néant
Tchanar	Tchad, 60 km au nord de Moundou	100	Sédentaire en faible nombre	Peu important	Rare de courte durée
Ourolabo	Cameroun, 35 km sud de Garoua	82	Sédentaire en progression, passage de transhumants	Zone d'accueil de migrants	Rare de courte durée
N'Goko	Tchad, 20 km est de Pala	60	Sédentaire et sédentarisation en cours des transhumants	Départs saisonniers vers le Cameroun	Courte à moyenne durée
Moyo	Tchad, 40 km sud de Sahr	15	Sédentaire en progression mais forts passages des transhumants	Quasi nuls	Moyenne et longue durée

L'histoire du peuplement

La démographie (exprimée en ruraux/km²) et son évolution permettent en grande partie d'expliquer les pratiques des paysans en matière d'utilisation de la biomasse et de gestion de la fertilité des terres, ainsi que la configuration des systèmes d'élevage. Lorsque la densité de population s'accroît pour dépasser un

seuil compris entre 60 et 80 habitants/km², l'élevage bovin extensif caractérisé par des troupeaux de grande taille (plus de 50 Ubt) tend à disparaître des terroirs et se replie dans les zones périphériques moins peuplées. L'élevage villageois est alors constitué de petits troupeaux composés en partie par des bovins de trait. Le recyclage de la biomasse végétale et la valorisation des matières organiques se développent lorsque les paysans sont confrontés à une baisse significative de la fertilité des terres (correspondant à une baisse de rendement, à l'impossibilité de faire une culture dérobée, à l'apparition de ravines ou de rigoles...). Il ne semble pas qu'il y ait, de la part des paysans, une construction progressive de réponse à la baisse de fertilité des terres. On intervient lorsqu'il y a crise, qu'il s'agisse de la fertilité des terres comme de l'alimentation des troupeaux. Toutefois, l'accroissement de la population n'est pas seulement le fait des campagnes. La population urbaine, dans bien des cas, progresse encore plus vite et constitue des marchés pour les cultures vivrières de plus en plus attractifs. Les principales villes de la zone de savane tchado-camerounaise (Garoua, Maroua, Moundou, Sahr) ont une taille modeste (moins de 250 000 hab.) et une partie de cette population vivant en ville s'adonne à l'agriculture. Mais à l'avenir, les zones périphériques de ces grandes villes pourraient bénéficier de nouvelles opportunités de marché qui fourniraient aux paysans et aux éleveurs les moyens de développer des systèmes de production intensifiés et durables.

Les bilans de fertilité et les bilans fourragers

Réalisés à l'échelle du terroir, ces bilans donnent des indications précieuses sur l'évolution de l'agriculture et de l'élevage à cette échelle. Des différenciations ont pu être faites au sein des terroirs en considérant des zones productrices et exportatrices de biomasse et des zones qui bénéficient d'apports réguliers de fumure ou qui bénéficient d'un recyclage in situ des matières organiques. Concernant ces cinq sites d'étude, une analyse plus poussée de cette différenciation aurait pu déboucher sur une spatialisation de ces différentes zones et sur un pronostic de l'évolution de leur fertilité à moyen terme.

Lorsque la densité de population rurale s'accroît, la gestion des ressources naturelles, la conduite des troupeaux, la valorisation des résidus de culture et de la fumure deviennent de plus en plus individuelles. Dans ce cas, les bilans établis à l'échelle du terroir perdent de leur intérêt. Les bilans de fertilité et fourragers par type d'exploitation deviennent alors plus opérationnels et peuvent enrichir le conseil aux producteurs.

On soulignera l'originalité des études menées au Tchad et surtout au Cameroun qui ont dépassé le stade de l'analyse des pratiques pour proposer une quantification des flux de biomasse et leur conversion en bilans minéraux et organiques. L'ébauche de modèle proposée reste encore simpliste, mais devrait permettre de poursuivre ces travaux dans la voie de la modélisation du fonctionnement des agro-écosystèmes.

Du terroir à la région

Quelles que soient sa situation géographique et sa densité de population, il est difficile de considérer un terroir villageois comme un système fermé. Tout d'abord les troupeaux du fait de leur mobilité, de leur diversité de structure et de conduite mettent en relation le terroir avec des éléments extérieurs (des parcours périphériques ou plus lointains, des aliments du bétail provenant des villes...). Plus les troupeaux sont grands et mobiles (comme dans le cas des transhumants) plus les flux de fertilité avec l'extérieur du terroir seront importants. Les agriculteurs du fait aussi de leur mobilité et dans certains cas des capacités qu'ils ont à transporter (avec des charrettes, des camions...) des matériaux et à acquérir des intrants agricoles exploitent des ressources situées en dehors de leur terroir et alimentent des flux entre terroirs plus ou moins éloignés. Appréhender ces flux et surtout pronostiquer l'évolution de la fertilité des terres nécessitent donc de combiner différentes échelles d'analyse. Ces changements d'échelle posent des problèmes méthodologiques spécifiques. Tout comme une communauté rurale ne se réduit pas à l'addition des exploitations agricoles, une région ne se réduit pas à la juxtaposition des espaces villageois.

Flux de biomasse et gestion de la fertilité

Etude de cas

dans trois terroirs agro-pastoraux du sud du Tchad

J. NGAMINE, M. ALTOLNA

Itrad, Station de recherche de Bebedjia, BP 31 Moundou, Tchad

Résumé. Flux de biomasse et gestion de la fertilité. Etude de cas dans trois terroirs agro-pastoraux du sud du Tchad. Une étude sur les flux de biomasse végétale et de fumure animale a été réalisée dans trois terroirs agro-pastoraux de la zone soudanienne du Tchad. Ces terroirs représentent trois types de situations agro-écologiques contrastées : la zone saturée et surpeuplée, la zone en voie de saturation et le front pionnier. Les relations entre agriculteurs et éleveurs diffèrent selon ces situations. Elles sont conflictuelles sur le front pionnier où les agriculteurs ne pratiquent pas l'élevage. Ailleurs, agriculteurs et éleveurs ont trouvé des terrains d'entente pour exploiter en commun les ressources naturelles. Dans les terroirs les moins peuplés, le feu constitue la cause principale de réduction de la biomasse en saison sèche. Inversement dans le terroir saturé, les prélèvements par le bétail et par les hommes constituent les causes principales de pertes de biomasse. Dans toutes les situations, la fumure animale disponible est mal valorisée, les pertes sont importantes du fait du manque de d'intérêt des producteurs et de moyens de transport. Les transferts de fertilité ne concernent que les parcelles proches des quartiers d'habitation. A cela s'ajoutent des apports d'engrais minéraux sur cotonnier à des doses réduites (moins de 100 kg/ha). La jachère demeure la pratique principale de gestion de la fertilité du sol, mais elle a disparu des zones les plus peuplées. La biomasse d'adventices n'est pas à négliger puisqu'elle atteint 1,6 t/ha (matière sèche) en moyenne dans les parcelles du terroir le plus peuplé et le plus dégradé. Un aspect certes important n'a pas été pris en compte dans cette étude : le recyclage de la biomasse au sol par les termites. Sans prendre en compte cet aspect, les bilans proposés montrent que les restitutions organiques au sol se limitent à de faibles apports de fumure animale (fèces des troupeaux au pâturage, apport localisé de fumier et poudrette) et à la décomposition des adventices en saison des pluies.

Introduction

Le projet de recherche-développement « terroir exploitation parcelle » (Station de Bebedjia) a débuté en 1992 dans la zone soudanienne du Tchad. Sur la base de la connaissance des milieux physique et humain, des systèmes de production, des contraintes agro-écologiques, socio-économiques et techniques, il s'est fixé comme objectif de proposer des innovations appropriables par les producteurs et reproductibles pour une agriculture durable (Adoum, 1994). La programmation des activités du projet s'est appuyée sur une stratification du milieu visant la prise en compte de la diversité des situations agraires (Ngamine *et al.*, 1993). Un zonage a ainsi été réalisé considérant, en plus des données existantes, quatre principaux critères :

- la pression démographique ;

- les dynamiques de peuplement et les mouvements migratoires ;
- le niveau d'association agriculture-élevage et les relations entre agriculteurs et éleveurs ;
- l'influence historique du coton dans les transformations des systèmes agraires.

Le croisement de ces différents critères a abouti à la définition de 9 zones aux problématiques homogènes. C'est dans ce cadre que l'Action thématique programmée (Atp) « flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle du terroir » financée par le Cirad a été mise en œuvre dans trois terroirs différents localisés respectivement dans les zones 3, 2 et 9 du zonage (figure 1, tableau I).

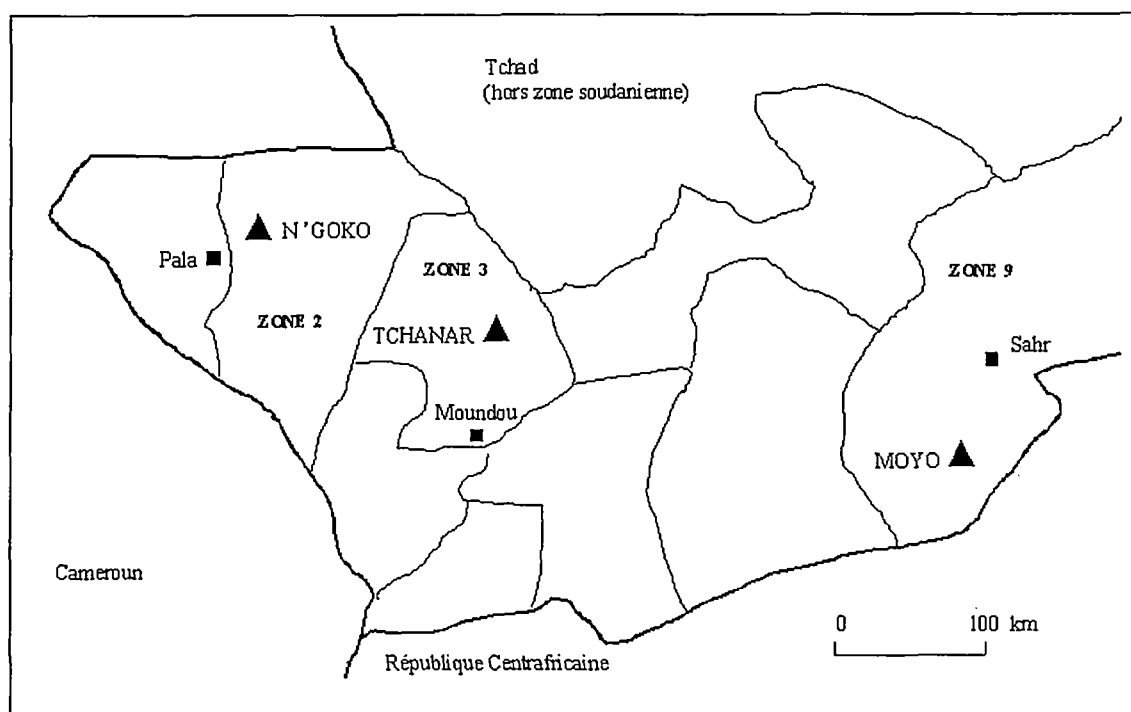


Figure 1. Carte de situation des terroirs d'étude en zone soudanienne du Tchad.

Tableau I. Principales caractéristiques des trois zones couvertes par l'Atp.

	Zone 2	Zone 3	Zone 9
Densité de population	60 hab./km ²	100 hab./km ²	< 15 hab./km ²
Pression foncière	Moyenne ; zone en voie de saturation	Forte ; zone saturé	Faible ; front pionnier
Flux migratoire	Départ saisonnier au Cameroun	Zone d'accueil	Front pionnier
Elevage	Population locale avec longue tradition d'élevage et d'accueil des transhumants. Sédentarisation importante des transhumants. Relation agriculteurs éleveurs non conflictuelle	Cheptel local peu important. Elevage transhumant peu présent car disparition des parcours et problèmes d'eau	Fort développement de la culture attelée avec cheptel local en voie de constitution. Zone de convergence et de sédentarisation des transhumants autour des bas-fonds. Relation agriculteurs éleveurs conflictuelle
Système de culture	Coton-céréales avec importance de Bérébéré sur les terres argileuses	Céréales-coton avec développement plus ou moins important de la culture du riz dans les bas-fonds	Arachide-coton. Fort développement de la culture arachidière à cause des possibilités d'écoulement intéressantes en Rca
Jachère	Courte à moyenne	Rare et de courte durée	Moyenne à longue durée
Coton	Nouveau bassin cotonnier	Vieux bassin cotonnier	Culture en développement

Présentation des zones et des trois terroirs pilotes

Les trois terroirs agro-pastoraux sont : Moyo, N'goko et Tchanar. Les caractéristiques de ces trois zones et celles des terroirs sont résumées dans les tableaux I, II et III.

L'importance de la superficie occupée par la culture du coton dépend de la situation agro-écologique du terroir. Elle correspond à 45 % des superficies cultivées sur le front pionnier de Moyo contre 37 % sur le terroir en voie de saturation de N'goko et 23 % sur le terroir saturé de Tchanar. D'une manière globale, la situation agro-écologique du terroir, son ouverture sur le marché et les stratégies paysannes qui en découlent déterminent le choix de l'assolement. A Moyo, terroir proche de la République centrafricaine et situé à proximité d'un grand marché, l'arachide et le coton occupent à eux seuls 80 % des surfaces cultivées contre 55 % à N'goko et Tchanar. A N'goko, où la stratégie des exploitations est centrée sur le coton, le sorgho occupe 24 % des surfaces cultivées sur les 63 % des surfaces occupées par les autres cultures. L'arachide, bien qu'en plein essor, n'occupe que 18 % des surfaces cultivées. Sur le terroir saturé de Tchanar où les potentialités des sols sont loin d'être optimales, le sorgho n'occupe que 9 % des surfaces cultivées contre 32 % pour l'arachide mieux adaptée aux types de sol. La culture du mil occupe une place importante dans ce terroir.

Tableau II. Principales caractéristiques des trois terroirs pilotes.

	Tchanar (zone 3)	N'Goko (zone 2)	Moyo (zone 9)
Coordonnées géographiques	N 09° 03' 429 E 16° 06' 934	N 09° 32' 536 E 15° 08' 062	N 08° 41' 469 E 18° 35' 229
Population (1997)	1616	571	1197
Caractéristique de la population	Population jeune : 50 % de la population ont moins de 15 ans Femmes = 53 % de la population	Population jeune : 53 % de la population ont moins de 15 ans Femmes = 52 % de la population	Population jeune : 49 % de la population ont moins de 15 ans Femmes = 52 % de la population
Total exploitations	251	90	182
Exploitations équipées*	27 %	37 %	36 %
Végétation	Ligneux très rares avec disparition presque totale de la jachère	Ligneux importants avec jachère de 5 ans mais pression de plus en plus forte	Ligneux abondants avec jachère de plus de 10 ans
Exploitation ayant un élevage bovin	< 2 %	27 %	2 %

* On entend par exploitations équipées, les exploitations qui ont au moins une paire de bœufs de trait et une charrue. La moyenne pour la zone soudanienne est de 33 % contre 8 % pour les exploitations équipées d'une charrette.

Tableau III. Assolement moyen par exploitation sur les trois terroirs.

	Tchanar (zone 3)			N'Goko (zone 2)			Moyo (zone 9)		
Cultures	Superficie (ha)	Surfaces cultivées (%)	Rdt. kg/ha	Superficie (ha)	Surfaces cultivées %	Rdt .kg/ha	Superficie (ha)	Surfaces cultivées %	Rdt .kg/ha
Coton	1	23	530	2,44	37	970	1,85	45,5	850
Autres cultures	3,48	77	-	4,2	63	-	2,33	54,5	-
Sorgho	0,31	9	N.m	1,56	24	818	0,53	12	N.m
Arachide	1,48	32	860	1,17	18	921	1,46	34	1 600

N.m : non mesuré.

Les rotations sont différentes selon les terroirs. Quatre rotations sont pratiquées sur le terroir de Tchanar, il s'agit par ordre d'importance des rotations : arachide-arachide, arachide-coton, coton-arachide et coton-coton. A N'Goko, la rotation coton-arachide-coton est pratiquée dans les champs de brousse et la rotation coton-sorgho-sorgho dans les champs de case. Sur le terroir de Moyo, les rotations sont de type : arachide-coton ou coton-arachide.

La surface moyenne cultivée par exploitation est de 4,2 ha à Tchanar, 6,05 ha à N'goko et 3,77 ha à Moyo. La jachère est plus ou moins présente dans les rotations en fonction de la disponibilité en terre cultivable et de la pression démographique.

L'étude des flux de biomasse et de la gestion de la fertilité, conduite sur ces terroirs a été organisée en 4 modules complémentaires :

- le repérage des utilisateurs et des espaces concernés ;
- l'analyse des pratiques d'utilisation des résidus de récolte et leur évolution durant la saison sèche ;
- la caractérisation des transferts de fertilité au sein du terroir ;
- l'impact des feux dans l'évolution de la biomasse.

Cette communication présente les principaux résultats de cette étude qui a été publiée par ailleurs (Ngamine et al., 1998).

Repérage des utilisateurs et des espaces concernés

L'objectif de ce module est :

- d'actualiser les recensements effectués au départ ;
- d'identifier les différents utilisateurs des ressources naturelles au niveau du terroir et les espaces concernés ;
- de comprendre les règles d'accès et de gestion de ces ressources naturelles ;
- d'actualiser le recensement du cheptel villageois ;
- de cartographier le terroir et d'estimer les différentes unités d'occupation des sols.

Pour atteindre ces objectifs, des fiches de recensement général et d'enquête auprès des exploitations ont été conçues et utilisées sur les trois terroirs concernés. Des fiches de suivi des animaux transhumants et du village ont été également réalisées et utilisées.

Résultats

Recensement général et enquête exploitation

Typologie d'exploitation et constitution de l'échantillon d'étude

Les données de recensement et d'enquête-exploitation ont permis d'élaborer la typologie structurelle des exploitations, base d'échantillonnage des exploitations représentatives suivies dans le cadre des autres modules. Ces exploitations doivent faire l'objet d'études approfondies pour mieux comprendre leurs stratégies et leur fonctionnement. Cette typologie est construite sur trois critères :

- la culture du coton (principale source de revenu) ;
- le nombre d'actifs par exploitation (personnes dont l'âge est compris entre 15 et 55 ans) ;
- l'équipement (culture attelée).

Six types d'exploitation ont été constitués sur ces critères. La proportion d'exploitations ne cultivant pas de coton étant très faible, ces exploitations ont été éliminées par la suite.

Pour chaque type, un échantillon de cinq exploitations a été choisi, soit 30 exploitations par terroir pilote, portant à 90 le nombre total d'exploitations suivies. L'ensemble des parcelles a été étudié dans le cadre des modules « utilisation et devenir des résidus de récolte » et « transfert de fertilité ».

Evolution du peuplement

Pendant les trois années d'étude, le flux migratoire s'est caractérisé par des départs saisonniers à Tchanar et à N'goko et les flux migratoires classiques se sont estompés. La situation sociale globalement difficile et l'insécurité seraient à l'origine de cette tendance.

Le taux d'accroissement naturel de la population est de 2 à 3 % en moyenne sur les trois terroirs. Le maximum de 3 % est atteint à Tchanar. Ce taux d'accroissement serait encore plus élevé si la mortalité infantile était assez bien contrôlée.

Place de l'élevage dans les terroirs

Compte tenu de l'importance de l'élevage dans les flux de biomasse (résidus de récolte, parcours naturel, fumure organique...) il était important de bien caractériser les systèmes d'élevage présents dans ces terroirs ou en périphérie.

■ Terroir de Moyo

Huit exploitations pastorales se sont sédentarisées. Ces exploitations totalisent 629 têtes de bovins et sont situées près du bas-fond à l'est du terroir. En plus des éleveurs sédentaires, 29 autres pasteurs nomades, culturellement ou géographiquement liées à la communauté sédentarisée, campent sur le terroir pour une durée de 5 à 6 mois allant de décembre à avril avec un troupeau de 2 156 têtes. Les autres nomades non rattachés à la communauté sédentarisée traversent le terroir, mais n'y séjournent pas.

A ces bovins appartenant aux éleveurs s'ajoutent les bœufs du village. Le troupeau du village pâture dès le début de la saison sèche (octobre à décembre) dans les jachères et les parcours. A partir de décembre, la zone principale de pâturage est constituée des parcelles cultivées. A partir de mars-avril, les animaux restent une bonne partie de la journée dans le village. Les branches des manguiers dont les fruits mûrissent à cette période se cassent souvent entraînant des pertes de fruits qui sont consommés par les bovins. C'est à cette période que certains producteurs complètent l'alimentation avec des résidus de récolte en fin d'après-midi à l'étable.

En saison des pluies, les bœufs sont attachés au piquet autour des cases ou dans les jachères proches du village. Le cheptel du village s'abreuve au puit durant toute l'année. Les troupeaux des éleveurs sédentaires sont gardés pendant la saison des pluies dans les bas-fonds à l'ouest du village. Le matin, ces animaux se dirigent vers les zones non mises en culture (jachères et parcours) puis regagnent vers le milieu de la journée le bas-fond pour s'abreuver. Pendant cette période, les animaux sont parqués loin des habitations et sont gardés à tour de rôle par les membres de l'exploitation. Les parcelles autour des habitations servent dans ce cas à la culture du maïs.

En saison sèche, les animaux des éleveurs et nomades utilisent à la fois les jachères, les parcours et les parcelles cultivées comme zone de pâturage. Les animaux des sédentaires sont ramenés au bas-fond le soir pour le parage autour des cases dans les champs de maïs tandis que les animaux des transhumants sont parqués dans les parcelles des villageois.

■ Terroir de N'goko

Quelque 18 exploitations pastorales se sont sédentarisées depuis plus de 10 ans dans une zone hors terroir dépendant administrativement de Gounou gaya. Ces éleveurs possèdent environ 1 500 têtes de bovins. Ils sont originaires du Cameroun où vit une partie de leur famille. Du fait de leur implication dans la vie socio-économique du terroir et de l'utilisation des eaux du bas-fond de N'goko pour l'abreuvement, ils ont été pris en compte parmi les utilisateurs des ressources naturelles de N'goko dans cette étude. Ces éleveurs, conscients de la menace que constitue l'ensablement du bas-fond, où l'ensemble du cheptel s'abreuve, participent aux réunions dans le cadre de la programmation des activités à l'échelle du terroir de N'goko. En outre, ils entretiennent de longues relations avec les agriculteurs de N'goko. Des cas de mariage intercommunautaire existent entraînant un brassage profond qui dépasse l'intégration agriculture-élevage dans les deux communautés.

En dehors de ces éleveurs sédentaires, 19 éleveurs transhumants sont passés sur le terroir et y ont campé tout juste deux mois. Cette brève durée de parage s'expliquerait par la forte pression sur les ressources fourragères de ce petit terroir liée à l'importance du cheptel des éleveurs sédentaires et des agriculteurs (dont le nombre est difficile à évaluer en raison de son évolution permanente au rythme des mariages et des décès). Pour les 19 transhumants, il a été dénombré 2 543 bovins auxquels s'ajoutent les bovins du

village. Le cheptel des transhumants pâture essentiellement à l'ouest du bas-fond à l'intérieur du terroir de N'goko. Les jachères et les parcelles cultivées constituent les zones principales de pâturage. Il en est de même pour le cheptel du village.

Le cheptel du village est regroupé en saison sèche comme en saison des pluies et le gardiennage est organisé à tour de rôle par les membres des exploitations concernées. Après le pâturage en saison sèche, les animaux sont parqués dans les parcelles autour des cases. Les animaux de trait, sont gardés à l'étable et reçoivent un complément alimentaire à base de résidus de récolte en vue de la production du fumier. Pendant la saison des pluies, les animaux du village rejoignent ceux des éleveurs sédentaires dans la zone hors terroir située à l'est du bas-fond.

■ Terroir de Tchanar

Il n'y a pas d'éleveurs sédentarisés. Seuls des éleveurs nomades transitent par ce terroir et passent au maximum 2 mois près du bas-fond où le cheptel pâture et s'abreuve. En février, lorsque le bas-fond se dessèche, les éleveurs creusent des puits pour l'abreuvement pendant une courte période. Les transhumants qui passent par Tchanar, se caractérisent également par la taille de leurs troupeaux : sur les 52 transhumants recensés, 32 ont des troupeaux de moins de 50 têtes. On a ainsi dénombré en tout 2 506 têtes de bovins.

Les animaux de trait du village exploitent la vaine pâture en saison sèche et s'abreuvent aux puits. Dans certains cas, ils sont conduits à paître dans le bas-fond sous surveillance des enfants. En saison des pluies, les bœufs de trait sont gardés au piquet et déplacés au fur et à mesure qu'ils broutent le fourrage autour du piquet d'attache. Pendant cette période, ils s'abreuvent toujours aux puits du village.

Les règles d'accès et de gestion des ressources naturelles

Le foncier agricole

Dans la zone soudanienne du Tchad, l'accès au foncier des terroirs villageois est souvent régi par les lois coutumières. D'une manière générale, la parcelle attribuée appartient à l'exploitant et se transmet de père en fils. Pour les parcelles non encore défrichées, l'accès diffère selon que le destinataire est ressortissant ou non du village.

Si le destinataire est originaire du village, il peut défricher directement une parcelle non encore mise en valeur après en avoir ou non informé les chefs de terre et du village. Le défrichement constitue déjà un gage de reconnaissance de sa propriété sur cette parcelle qu'il peut céder à l'un de ses descendants. Dans ces conditions, si la parcelle est laissée en jachère pendant une moyenne à longue période, elle peut être reprise par un autre autochtone mais, dans ce cas, avec l'accord absolu du chef de village.

Pour un migrant, le chef de terre attribue, en accord avec le chef de village, des terres généralement abandonnées. Les terres ainsi distribuées appartiennent aux demandeurs. Le droit de propriété peut leur être reconnu si la parcelle est aménagée. Mais face à l'incertitude ou à la crainte de se voir retirer la parcelle, les migrants n'effectuent pas, en général, d'aménagements.

Si les règles d'accès au foncier sont quasiment identiques sur l'ensemble des terroirs, les règles de gestion varient d'un terroir à l'autre. A Tchanar, le problème se pose peu du fait de l'attribution de la totalité des terres et des règles de gestion individuelle.

A N'goko, la gestion de l'assolement est collective. De ce fait, une parcelle mise en jachère par un exploitant peut être immédiatement reprise par un autre appartenant au même lignage. Cette méthode de gestion proviendrait du système d'héritage en vigueur sur ce terroir. Ainsi ces parcelles sont considérées comme un bien collectif appartenant au même ancêtre (en général le grand-père).

A Moyo, la gestion des terres est nettement individuelle. Dans ce terroir, les actions à moyen et long terme de gestion de terres sont plus facilement adoptées par les producteurs même si le taux d'adoption des innovations proposées reste faible. Cela s'explique essentiellement par la possibilité des pratiques itinérantes et extensives sur ce terroir peu peuplé.

Pour les éleveurs, la situation est plus complexe car si le défrichement et la plantation d'arbres constituent des gages de reconnaissance de la propriété individuelle sur la parcelle, il n'en est pas de même pour l'occupation momentanée d'une parcelle (même si la durée dépasse un an) ou le parage des animaux. Ainsi, l'éleveur qui a occupé pendant deux ou trois ans une jachère, peut voir cette

parcelle remise en culture l'année suivante par l'agriculteur qui l'a défrichée ou a planté au moins un arbre, lui assurant ainsi un droit de propriété. Cette loi coutumière, défavorable à l'éleveur, est source de nombreux conflits, parfois meurtriers, entre les deux communautés. Cette situation de tension est renforcée par l'absence de tradition d'élevage parmi la population villageoise et par la dispersion des cultures sur le terroir. A N'goko, par contre, où les cultures se font en blocs, les deux communautés entretiennent des relations cordiales.

Les parcours, les jachères et les bas-fonds

Dans la zone soudanienne, l'accès des troupeaux aux jachères et aux parcours se fait librement surtout en saison sèche. Qu'il s'agisse de l'agriculteur migrant ou de l'éleveur nomade, l'installation sur le terroir et la mise en valeur d'une jachère font obligatoirement l'objet de négociation ou d'une autorisation. Pour le bas-fond, l'accès à l'eau pour le bétail est libre dans toute la zone soudanienne du Tchad. Cependant, sa mise en valeur pour la culture du riz ou l'exploitation de ses berges pour le maraîchage, obéissent aux règles d'accès et de gestion du foncier déjà évoquées mais des cas de location de terre sont souvent mentionnés.

Utilisation et devenir des résidus de récolte et de la biomasse des jachères

Cette étude a été menée sur les mêmes parcelles cultivées en saison sèche et en saison des pluies. En saison sèche, il s'agissait d'estimer et de suivre les quantités de résidus de récolte sur la parcelle après la récolte. Les quantités d'adventices au moment de la récolte ont également été mesurées. Pendant la saison des pluies, les mesures ont essentiellement porté sur les quantités d'adventices au champ.

Sur les parcelles non cultivées et en jachère, les mesures ont été réalisées uniquement en saison sèche et ont concerné l'évaluation et le suivi de la biomasse herbacée en fonction de l'âge de la jachère. Une caractérisation qualitative de cette végétation herbacée en fonction de l'âge de la jachère a également été effectuée.

Dans les exploitations étudiées, un suivi du stockage et de l'utilisation des résidus de récolte par pesée a été réalisé.

Méthode

Estimation et suivi des quantités de biomasse au champ

En saison sèche

Dans chacune des 5 exploitations choisies par classe de la typologie, la biomasse des cultures principales a été évaluée et suivie. La taille minimum d'une parcelle suivie est de 0,25 ha. Dans chaque parcelle, 36 placettes de 5m x 5m ont été posées avant la récolte dont 18 pour le suivi des quantités de résidus de récolte et 18 pour les apports de fumure animale. Immédiatement après la récolte, les mesures d'estimation et de suivi de la biomasse de résidus ont commencé et se sont poursuivies ensuite tous les 15 jours durant toute la saison sèche. La biomasse d'adventices à la récolte a également été quantifiée à ce moment mais en une seule fois. A chaque date d'observation, une placette a été choisie au hasard pour estimer la biomasse des résidus de récolte. Ces résidus ont été fauchés et séchés avant d'être pesés. La même méthode a été appliquée pour toutes les cultures.

Les données qui sont présentées par terroir sont donc des moyennes de 30 parcelles pour une culture donnée pendant deux ans.

En saison des pluies

Des placettes de 5m x 5m ont été installées dans les parcelles après le labour à la charrue. A chaque date de sarclage, les adventices au niveau d'une placette ont été recoltées et secouées pour les débarrasser de la terre avant la pesée. Un échantillon composite d'adventices a été prélevé dans chaque parcelle pour évaluer la teneur en matière sèche.

Estimation de la biomasse herbacée au niveau de la jachère

Cette étude concerne toute la jachère du terroir et n'est donc pas limitée aux exploitations suivies. On a procédé dans un premier temps à une stratification des jachères en fonction de leur âge. On a, ainsi, distingué des jachères de 1 à 5 ans et de plus de 5 ans. Pour chaque âge, 3 jachères correspondant à 3 répétitions ont été choisies de façon à localiser ces trois répétitions au mieux sur les trois principaux types de sol du terroir. Dix-huit parcelles en jachères ont donc été suivies.

Sur chaque type de jachère, 9 placettes de 10m x 10m ont été posées. Les mesures, faites mensuellement, ont duré 9 mois (septembre à mai). Chaque mois, toute la végétation herbacée, fauchée sur une placette choisie au hasard, a été séchée puis pesée. Les observations ont été continues jusqu'en mai (les dates ont seulement été notées en cas de feu de brousse). Les données présentées par terroir sont des moyennes pour 3 jachères de même âge et pour 2 ans de mesure.

Résultats

Evolution des résidus de récolte au champ

La biomasse de résidus de mil penicillaire à Tchanar est comparable à celle obtenue dans les deux autres terroirs, en raison, probablement d'une moindre exigence en sol de cette culture. Pour couvrir son cycle, 400 à 700 mm de pluies suffisent, ce qui est le cas pour l'ensemble des terroirs.

En dehors du mil penicillaire, la biomasse des résidus des autres cultures sur le terroir de Tchanar est largement inférieure à celle qui est produite sur les autres terroirs en raison de la dégradation et des faibles potentialités des sols de ce terroir.

Le terroir saturé de Tchanar est aussi caractérisé par l'exportation systématique des résidus de céréales et des fanes de légumineuses. Les résidus de céréales sont utilisés pour la construction mais surtout comme combustible. Les fanes de légumineuses sont conservées pour l'alimentation du bétail ou vendues aux pasteurs nomades. La gestion des résidus de récolte étant individuelle sur ce terroir, les quantités de biomasse baissent au rythme des prélèvements des exploitations. Les prélèvements les plus importants sont situés entre novembre et janvier pour les céréales et les légumineuses. Après janvier, les résidus restés au champ et dont les quantités sont faibles sont essentiellement pâturés par les troupeaux du village.

Les résidus du cotonnier sont très peu prélevés par la population. Quelques cas de prélèvements sont remarqués en début de saison des pluies. Les baisses (faibles du reste) observées après le mois de janvier sont dues aux termites et aux effets mécaniques liés au passage des animaux. Dans tous les cas, à partir des mois d'avril et mai, ce qui reste comme résidus de récolte au champ est systématiquement brûlé.

A N'goko (terroir en voie de saturation) le sorgho est récolté tôt dans la saison contrairement à Moyo. Sur ce terroir, les prélèvements des tiges de céréales sont faibles et essentiellement destinés à la construction de hangars et de claies. Les prélèvements pour la production du fumier à l'étable sont marginaux. La faiblesse de la production de paille de sorgho par rapport à Moyo tient à la petite taille et à la précocité de la variété cultivée. Le sorgho local de très grande taille et de cycle long, encore présent à Moyo, a disparu à Ngoko au profit du *djigari* (sorgho rouge). A la récolte, les résidus de céréales sont pâturés essentiellement par les troupeaux du village. Les troupeaux transhumants n'y pâturent que vers le mois de décembre.

A N'goko, les résidus de la culture d'arachide sont les plus utilisés pour l'alimentation du bétail. Ce qui explique que dès la fin du mois de novembre, les résidus sont totalement exportés de la parcelle. Ces résidus sont séchés et gardés sur une claie ou sur un tronc d'arbre pour être utilisés comme complément alimentaire à l'étable. Les exploitations sans élevage bovin adoptent la même pratique pour les possibilités de vente aux pasteurs transhumants. La production de biomasse d'arachide à N'goko est comparable à celle de Moyo. Cependant les variétés cultivées sont tout à fait différentes. A Moyo, l'objectif est davantage la production de graine et les variétés cultivées sont précoces et productives. A N'goko, l'objectif est double, il vise la production de graine et un bon rendement en fane pour l'alimentation du bétail. Les variétés cultivées sont de cycle moyen à long. Ainsi la densité pratiquée pour l'arachide est en moyenne de 66 745 plants/ha à Moyo contre 37 061 plants/ha à N'goko.

Les résidus du niébé sont également exportés pour l'alimentation du bétail. L'exportation des résidus se fait en une seule fois après la récolte. Les baisses remarquées avant fin décembre seraient dues aux termites et aux pertes de feuilles par sénescence.

Dans l'ensemble, outre la situation agro-écologique, la présence de troupeaux d'élevage dans l'exploitation est déterminante par rapport à la stratégie de gestion des résidus de récolte. Le cas de l'arachide sur ces deux terroirs en est une bonne illustration.

Le terroir de Moyo (front pionnier) est également caractérisé par la faiblesse des exportations de résidus de récolte. La baisse des quantités de résidus constatée au champ est surtout l'œuvre des animaux, des termites ou d'autres agents. Les fanes d'arachide sont très peu prélevées tant par les producteurs que par le bétail contrairement à ce que l'on aurait pu penser. Deux raisons peuvent être évoquées. La récolte précoce (septembre) de cette culture rend difficile le séchage des fanes qui pourrissent au champ à cause de la forte humidité à cette période. La méthode de récolte consiste à soulever et laisser les gousses retournées sécher avec les fanes avant d'égousser ; les gousses ainsi récoltées sont rapidement décortiquées pour limiter leur pourrissement. Cette contrainte limite la disponibilité en main-d'œuvre pour la collecte et le séchage des fanes d'arachide qui sont, du reste, de mauvaise qualité.

D'une manière générale, la principale voie d'exportation des résidus de récolte sur un front pionnier ou sur un terroir en voie de saturation est le feu, suivi par les prélèvements des troupeaux du village et des transhumants. Sur un terroir saturé (cas de Tchanar) la récolte de ces résidus pour diverses utilisations constitue le premier poste d'exportation suivi du feu.

Biomasse des adventices dans les parcelles cultivées

Le tableau IV fournit les quantités d'adventices (kg/ha) dans les cultures au premier et deuxième sarclages ainsi qu'à la récolte pour les trois terroirs d'étude.

Tableau IV. Biomasse d'adventice aux différentes dates de sarclage au champ, en kg/ha de matière sèche.

	Tchanar (zone 3)			N'Goko (zone 2)			Moyo (zone 9)		
	1 ^{er} sarcl.	2 ^e sarcl.	Etat final	1 ^{er} sarcl.	2 ^e sarcl.	Etat final	1 ^{er} sarcl.	2 ^e sarcl.	Etat final
Arachide	1 886	1 760	N.m.	1 220	1 353	N.m.	240	329	266
Coton	1 675	1 367	327	1 605	1 181	327	265	329	266
Sorgho	N.m.	N.m.	N.m.	1 197	1 433	N.m.	N.m.	N.m.	N.m.

N.m. : non mesuré.

Sur les trois terroirs, les adventices sont laissées sur la parcelle après chaque sarclage où elles se décomposent et parfois émettent des stolons pour certaines espèces. A Moyo, la faible biomasse des adventices résulte du fait que le coton et l'arachide sont en tête d'assolement sur les nouvelles défriches. La rotation coton-arachide est pratiquée jusqu'à la manifestation des signes de « fatigue » avant le défrichement de nouvelles jachères. L'existence sur ce terroir de jachère de plus de 10 ans peut avoir un effet tampon sur le développement des adventices. Tout se passe, en effet, comme si pour un même système de culture, la pression des adventices dépendait étroitement de la situation agro-écologique du terroir. Ainsi, dans les systèmes de culture à faible niveau d'intrants de la zone soudanienne, la culture continue sans restauration des sols et sans jachère conséquente favorise le développement et la pression d'adventices à l'échelle de la parcelle cultivée.

Estimation de la biomasse herbacée au niveau de la jachère

D'un point de vue qualitatif, la végétation évolue en fonction de l'âge de la jachère sur les trois terroirs pilotes. Ainsi, en première année, la végétation est dominée par les graminées annuelles de petite taille et les plantes à feuilles larges sur les terroirs de N'goko et Moyo. A Tchanar, elle est dominée par les graminées annuelles de cycle court du genre *Eragrostis*. Les graminées annuelles de grande taille des genres *Pennisetum*, *Rottboellia* et *Setaria* sont dominantes à partir de la 2^e et 3^e année à Moyo et de la 4^e année à N'goko.

A Tchanar, ces graminées annuelles de grande taille ne dominent que vers la 5^e année. Les graminées pérennes du genre *Andropogon* dominent à leur tour dès que la jachère dépasse 5 ans à Moyo et N'goko. A Tchanar, quelques touffes peuvent être visibles dans les jachères de plus de 5 ans.

L'évolution de la biomasse au niveau de la jachère est faible jusqu'au brûlis sur tous les terroirs. Cette baisse légère est due à l'effet mécanique des animaux et aux termites. Quant au brûlis, il diffère légèrement sur le front pionnier par rapport aux autres terroirs. En effet, à Moyo, les éleveurs, dans un premier temps, déclenchent un feu précoce sur les jachères de plus de 4 ans à la recherche de repousse pour le bétail. Ensuite, les autochtones ont recours à un feu tardif vers mars-avril pour chasser les rats. Sur les deux autres terroirs, le feu est allumé en une seule fois vers décembre-janvier à Tchanar et février à N'goko.

Dans tous les cas, toute la biomasse herbacée dans les jachères est brûlée entraînant un manque à gagner du point de vue agronomique.

Prélèvement, stockage et vente des résidus de récolte

A Tchanar et à N'goko, 100 % des exploitations enquêtées ont stocké les résidus de récolte. A Moyo, par contre, 37 % des exploitations seulement ont constitué des stocks. L'usage de ces stocks dépend du type de résidus. Les résidus de céréales sont utilisés pour la construction, la combustion ou l'alimentation du bétail. La priorité dépend de la situation agro-écologique du terroir mais également de la place de l'élevage dans l'exploitation agricole. Toutefois, les fanes de légumineuses sont prioritairement utilisées pour l'alimentation du bétail dans tous les terroirs.

Du point de vue quantitatif, on constate une nette différence entre les quantités moyennes de résidus stockés sur les trois terroirs. Les quantités les plus importantes sont relevées à Tchanar, avec 300 à 1 200 kg de résidus pour les céréales et 100 à 600 kg pour l'arachide et le niébé. A N'goko, les quantités de résidus stockées sont quasi équivalentes à celles de Tchanar pour les légumineuses alors que pour les céréales, elles varient entre 200 et 1 000 kg. Les quantités les plus faibles sont obtenues à Moyo avec moins de 500 kg pour les céréales et 80 à 300 kg pour les légumineuses.

Les transferts de fertilité

L'objectif de ce module est de suivre et de mesurer les apports d'éléments fertilisants à l'échelle de la parcelle. On peut distinguer les apports minéraux par les engrais chimiques et les apports de fumure organique. Les apports organiques se font sous forme de fumier d'étable ou de fosse et de déjections animales. Les apports par les adventices et les résidus de récolte plus ou moins brûlés ont déjà été étudiés. Les transferts verticaux d'éléments organiques et minéraux, par les parties aériennes des arbres présents dans les parcelles, ne seront pas abordés.

Méthode

A partir de l'échantillon constitué, un dispositif de suivi de l'ensemble des parcelles de l'exploitation a été mis en place afin de mesurer les quantités d'engrais minéraux apportées et les cultures concernées. Le suivi des apports de fumier à la parcelle a été également fait sur cette base. Cependant, l'estimation des quantités apportées a soulevé quelques problèmes. Les apports sont parfois progressifs et les types de fumier très variables et de nombreux apports échappent à l'observation. Par contre, les surfaces fumées ont pu être mesurées de façon précise et la localisation des parcelles identifiée. La raison de cette pratique, les cultures prévues et la période d'épandage ont également été notées.

Selon le dispositif d'estimation et de suivi des résidus de récolte au champ, des placettes ont été installées sur les mêmes parcelles afin de mesurer et de suivre l'évolution des quantités de déjections animales à l'intérieur des parcelles cultivées. A chaque date d'observation, les déjections sur une placette ont été collectées, séchées et pesées. Il s'agit ici des quantités de déjections déposées par le bétail lors du pâturage dans les parcelles cultivées. Les résultats présentés ne sont pas des cumuls mais les quantités disponibles sur une placette choisie au hasard tous les 15 jours.

Résultats

Les apports de déjections animales dans les parcelles cultivées lors de la vaine pâture

En dehors des cas de contrat de parage où les déjections peuvent être relativement importantes en fonction du nombre de têtes de bétail, les apports de déjections animales dans les parcelles cultivées sont faibles sur les trois terroirs. Les quantités moyennes par hectare sont de 120 kg à Tchanar contre 290 kg à N'goko et 320 kg à Moyo. La répartition de ces déjections par culture est également peu variable. A Moyo par exemple, on relève 304 kg/ha de déjections en moyenne dans les parcelles de coton, 310 dans les parcelles de sorgho, 350 dans les parcelles de pénicillaire et 310 dans les parcelles d'arachide. A N'goko, ces quantités s'élèvent à 270 kg/ha pour le coton et le sorgho et 320 kg/ha pour le pénicillaire. Les quantités les plus faibles obtenues sur le terroir de Tchanar résultent de la dégradation des ressources naturelles — la faible production fourragère n'attire pas les éleveurs transhumants — et du faible nombre de bœufs de trait.

Pour ce qui est de l'évolution des quantités de déjections, elles sont plus importantes en début de saison sèche et diminuent au fur et à mesure qu'avance la saison. Cette baisse progressive peut être liée à celle des résidus de récolte dans la parcelle pendant la même période réduisant la durée de la présence des animaux sur la parcelle.

Il est à noter que le parage de nuit dans les zones d'inondation, où les déjections sont très importantes mais emportées par les eaux de crue pendant la saison des pluies, constitue une perte considérable pour le terroir.

Les apports de fumier et de poudrette depuis les concessions

Sur les trois terroirs d'étude, les apports de fumier sont limités aux parcelles autour des cases, en raison principalement du manque crucial de moyen de transport. A N'goko, seules 37 % des exploitations suivies produisent et apportent effectivement le fumier au champ. A Moyo, on en dénombre 43 % et à Tchanar 100 %. Cependant, les surfaces fumées par exploitation sont variables d'un terroir à un autre. Elles dépassent 0,5 ha à Moyo et N'goko tandis qu'à Tchanar elles atteignent en moyenne 0,10 ha. La quantité de fumier produite semble être le principal facteur expliquant la petite taille des parcelles fumées. Sur le terroir saturé de Tchanar où les résidus de récolte sont utilisés prioritairement comme combustible et pour l'habitat, les quantités utilisées pour la production du fumier sont limitées. Dès lors, les producteurs adoptent une stratégie de fumure très localisée aux endroits les plus dégradés des parcelles choisies. Les chemins d'eau et les zones les plus sableuses sont principalement visés.

A N'goko et à Tchanar, ce sont les cultures vivrières qui reçoivent du fumier. Aucun apport complémentaire d'engrais chimique n'est apporté sur ces cultures. A Moyo par contre, la culture du coton est la principale bénéficiaire de la fumure organique avec, dans 71 % des cas un apport complémentaire de fumure minérale. La réponse faible ou parfois négative au fumier de l'arachide, qui occupe une place importante dans l'assolement à Moyo, pourrait justifier ce choix.

Les quantités apportées au champ sont également variables d'un terroir à l'autre. Elles varient entre 600 kg et 2 000 kg/ha à N'goko et Moyo et entre 200 et 1 200 kg/ha à Tchanar. Ces quantités peuvent être un peu plus importantes car certains apports avec des seaux ou d'autres récipients au fur et à mesure que le producteur prépare sa parcelle, n'ont pas tous été pesés.

Une estimation des pertes de fumier abandonné dans le village a permis de noter que des quantités importantes pouvant même atteindre par exploitation 5 t à Moyo et N'goko et 2 à 3 t à Tchanar ne sont pas utilisées essentiellement par manque de moyen de transport. Ces quantités sont parfois le cumul de plusieurs années.

Les apports minéraux

Dans les systèmes de culture à faible niveau d'intrants de la zone soudanienne du Tchad, seule la culture du coton bénéficie d'un apport d'engrais minéraux en quantité variable d'une exploitation à l'autre et d'un terroir à l'autre. Ces quantités d'engrais apportées restent, toutefois, inférieures aux recommandations de la vulgarisation. A Tchanar, l'apport moyen d'engrais par hectare se limite à 69 kg de NPKSB. A Moyo, les apports moyens d'intrants s'élèvent à 85 kg/ha de NPKSB + 37 kg/ha d'urée. L'apport

complémentaire d'urée n'est fait que par 33 % des exploitations suivies. Ces apports s'élèvent en moyenne à 79 kg/ha de NPKSB + 42 kg/ha d'urée à N'goko et 95 % des exploitations suivies ont apporté de l'urée en complément à la fumure minérale. La recommandation des services de vulgarisation est de 100 kg/ha de NPKSB + 50 kg/ha d'urée.

Essai de bilan de biomasse

Les tableaux suivants présentent les éléments du bilan de la biomasse en tonne (matière sèche) par hectare et par terroir d'étude. Ces éléments de synthèse ne prennent pas en compte les apports de fumier très localisés autour des cases, en quantités plus ou moins faibles selon les situations, et les apports des ligneux sur les jachères.

Tableau V. Bilan de la biomasse, terroir de Moyo.

	Q ^{tes} totales produites	Q ^{tes} brûlées	Q ^{tes} Exportées*	Apport de déjection	Adventices
Coton	4,12	1,17	2,95	0,30	0,67
Sorgho	4,04	1,02	3,02	0,31	-
Arachide	0,99	0,34	0,65	0,31	0,64
Mil	2,86	1,28	1,58	0,35	-
Jachère	2,72	1,70	1,02	N.m.	-

* Cette quantité regroupe les prélèvements par les exploitants pour divers usages, par les animaux et les éventuelles décompositions par les termites. N.m = non mesuré.

Tableau VI. Bilan de la biomasse, terroir de N'goko.

	Q ^{tes} totales produites	Q ^{tes} brûlées	Q ^{tes} exportées*	Apport de déjection	Adventices
Coton	2,53	0,79	1,74	0,27	1,04
Sorgho	2,0	0,45	1,55	0,27	1,32
Arachide	0,94	0,32	0,62	0,29	1,29
Niébé	1,52	0,88	0,64	0,29	-
Mil	2,67	0,74	1,93	0,32	-
Jachère	3,05	1,19	1,86	N.m.	-

* Cette quantité regroupe les prélèvements par les exploitants pour divers usages, par les animaux et les éventuelles décompositions par les termites.

Tableau VII. Bilan de la biomasse, terroir de Tchanar.

	Q ^{tes} totales produites	Q ^{tes} brûlées	Q ^{tes} exportées*	Apport de déjection	Adventices
Coton	1,01	0,35	0,66	0,13	1,52
Sorgho	1,21	0,20	1,01	0,12	-
Mil	3,03	0,18	2,85	0,10	-
Niébé	0,31	0,06	0,25	0,12	-
Jachère	2,97	1,97	1,00	N.m	-

* Cette quantité regroupe les prélèvements par les exploitants pour divers usages, par les animaux et les éventuelles décompositions par les termites.

Dans les trois situations, on considère que la biomasse végétale présente sur les champs en début de saison sèche disparaît complètement soit par prélèvement par le bétail, les termites et la population, soit par brûlis. Les seuls apports organiques sont constitués par les déjections des troupeaux et éventuellement la décomposition des adventices après les sarclages. On ne dispose pas de données concernant le rôle des termites qui consomment des résidus au champ mais qui participent, aussi, au recyclage de la biomasse au même titre que le bétail. Sur les quantités totales de biomasse produites sur les trois terroirs, 32 à 37 % sont simplement brûlées. Cette pratique constitue un manque à gagner avec des conséquences probables sur la biodiversité.

Cependant, avant les feux de brousse et le nettoyage des parcelles, le premier poste d'exportation de la biomasse sur la parcelle est le prélèvement par les hommes et les animaux. L'importance de ce prélèvement varie avec le degré de saturation du terroir. Ces prélèvements sont de l'ordre de 68 % à Tchanar, 66 % à N'goko et 63 % à Moyo. Sur les deux derniers terroirs, la part attribuée aux animaux est de loin plus élevée contrairement au terroir saturé de Tchanar où le prélèvement par les exploitants est plus important.

Ces quantités de résidus brûlées ou prélevées par l'homme et les animaux ne peuvent être compensées globalement par les faibles apports de déjections animales, la biomasse des adventices laissée sur la parcelle après chaque sarclage et les faibles apports de fumier essentiellement localisés autour des cases. Toutefois, un bilan minéral global est souhaitable et devra être étudié.

Une quantification précise de ces différents flux, une estimation des pertes de biomasse sous forme de coques d'arachide ou d'épis de maïs et panicules de sorgho ainsi qu'une mesure des apports de fumier et des potentialités intrinsèques des sols donneraient-elles des éléments de base pour un essai de modélisation du fonctionnement du terroir en termes de flux de biomasse et gestion de la fertilité.

Conclusion

Cette étude a permis d'identifier et de quantifier les différents flux de biomasse et d'aborder les contraintes et atouts des différents terroirs pour la gestion de ces flux.

Dans ces agrosystèmes, le contrôle des feux de brousse et leur utilisation raisonnée sont indispensables pour limiter les pertes de biomasse et assurer une gestion durable de la fertilité du sol, en particulier, dans les zones peu ou moyennement peuplées où le feu constitue la principale cause de perte de matière organique. En effet, en dehors des pertes de matière organique, d'azote et de soufre occasionnées par les feux de brousse, certaines espèces et les produits de cueillette pourraient également être menacés. Une bonne gestion des feux précoces par exemple serait souhaitable.

Les animaux transhumants constituent un poste important d'exportation de la biomasse au champ. Cependant la compensation sous forme de fèces dans les systèmes de culture est faible. En fait, la fumure animale reste mal valorisée même dans les terroirs où les sols en ont le plus besoin. Compte tenu du flux actuel d'animaux dans la zone soudanienne et des conséquences probables sur l'état des ressources naturelles, des modifications doivent être apportées à la conduite des systèmes d'élevage. Une plus grande intégration de l'élevage dans ces terroirs à dominante agricole est à rechercher. L'élevage doit avant tout permettre de recycler le maximum de biomasse qui serait dans le cas contraire brûlée mais il ne doit pas contribuer à dégrader les ressources naturelles ou être à l'origine de conflits socio-politiques. Toutefois cette intégration agriculture élevage ne suffira pas, à elle seule, à assurer le maintien ou l'amélioration de la fertilité des sols. Dans tous les cas, d'autres voies sont à explorer : agroforesterie, compostage des résidus, plantes de couverture.

Les différentes connaissances acquises par cette étude permettront d'ajuster et d'adapter les innovations ou recommandations techniques à la diversité des situations agraires dans la zone soudanienne du Tchad. D'un point de vue scientifique, une quantification plus précise des différents flux et des études complémentaires permettraient de déboucher sur un essai de modélisation du fonctionnement des terroirs pilotes en termes de gestion de la fertilité. Un tel outil permettra non seulement de diagnostiquer mais aussi de prévoir les différents mécanismes et phénomènes dans un objectif de gestion reproductible de la fertilité des sols pour une agriculture durable.

Bibliographie

ADOUM M., 1994. Résultats des premières enquêtes réalisées sur les villages « gestion des terroirs ». Station de bebedjia, Tchad, CIRAD-CA, 98 p.

NGAMINE J., ADOUM M., GUIBERT H., 1993. L'approche terroir en zone soudanienne du Tchad. *In* Analyse de la diversité des situations agricoles : conséquence sur la programmation de la recherche. Actes de l'atelier d'échanges et de formation 22-28 Octobre 1993, Garoua, Cameroun. Montpellier, France, CIRAD, Collection colloques, p 99- 100.

NGAMINE J., ALTOLNA M., 1998. Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle du terroir. Cas de la zone soudanienne du Tchad. Station de Bebedji, Tchad, 77 p.

NGAMINE J., Le DIAMBO B., 1998. La problématique de la gestion de la fertilité à l'échelle du terroir en zone soudanienne du Tchad. Actes de l'atelier de Bebedjia, 23-26 juin 1998, 83 p.

Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs

Etude de cas au Nord-Cameroun et essai de généralisation aux zones de savane d'Afrique sub-saharienne

P. DUGUÉ

Cirad-Tera, TA 60/15, 73 av. Jean-François Breton, 34398 Montpellier cedex 5, France

Résumé. Etude de cas au Nord-Cameroun et essai de généralisation aux zones de savane d'Afrique sub-saharienne. La biomasse herbacée produite au sein des terroirs agro-pastoraux des zones de savane assure en grande partie l'alimentation du bétail en saison des pluies (parcours naturels) comme en saison sèche (résidus de culture et parcours). Cette étude menée en zone cotonnière du Cameroun dans deux villages avait pour objectif de caractériser à l'échelle du terroir d'une part, les flux de biomasse végétale (plus particulièrement ceux de résidus de récolte) et d'autre part, les flux de fumure organique d'origine animale. Cette caractérisation permet d'établir deux types de bilan : des bilans fourragers pour la saison sèche et des bilans minéraux et organiques pour les sols cultivés. Par ailleurs, la localisation des apports de fumure organique permet d'identifier les transferts de fertilité au sein des terroirs, entre exploitations et même entre les parcelles d'une même exploitation. Diverses simulations sont proposées afin d'évaluer pour ces deux terroirs les possibilités d'accroître la production de fumure organique en améliorant le recyclage de la biomasse herbacée, en augmentant les effectifs de bovins et en développant les productions fourragères. A partir de cette étude de cas, une approche plus générale du fonctionnement des systèmes agro-pastoraux et des types de transferts de fertilité est proposée pour les zones de savane d'Afrique sub-saharienne.

Introduction

Dans le cadre de l'action thématique programmée « Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle du terroir » une étude de l'utilisation de la biomasse herbacée et de la fumure organique a été réalisée dans deux terroirs de la zone cotonnière du Cameroun en 1994 et 1995. Cette étude avait pour objectifs :

- d'analyser les pratiques d'utilisation des différents types de biomasse herbacée et de fumure organique (collecte, transport, transformation...);
- d'établir un bilan production - consommation concernant la biomasse de résidus de récolte consommable par le bétail et un bilan production-besoin pour la fumure organique;
- de mettre en relation les pratiques paysannes de gestion de la biomasse végétale et des troupeaux avec leurs modes de gestion de la fertilité du sol.

Après une brève présentation des deux terroirs agropastoraux étudiés et du cadre méthodologique, on discutera des potentialités d'accroissement de la production de fumure organique par une meilleure

valorisation de la biomasse végétale et une augmentation de la charge en bétail. La présentation détaillée des résultats de cette étude a été publiée par ailleurs (Dugué, 1998 a et b ; Dugué 1999). On proposera en dernier lieu une analyse plus générale des relations entre l'agriculture et l'élevage pour les zones soudaniennes et sahéliennes d'Afrique sub-saharienne.

Le contexte : les terroirs villageois de Héri et Ourolabo

Les deux villages étudiés se situent au centre du bassin cotonnier camerounais (figure 1). Le village de Ourolabo III, situé à 50 km au Sud de Garoua (département de la Bénoué), est un village récent, d'une dizaine d'années, peuplé de migrants venant de l'extrême nord et du Mayo Louti. Le village de Héri, à 80 km au nord de Garoua (département du Mayo Louti), est un village ancien, créé par des éleveurs foubés puis colonisé à partir des années 50 par des agriculteurs.

Cette région est caractérisée par une pluviométrie favorable aux cultures en particulier au cotonnier ainsi qu'au développement des pâturages herbacés (de 900 à 1 000 mm en 6 mois). Par contre, le facteur limitant principal des productions végétales est la faible fertilité chimique des sols et leur fragilité physique. Les principaux critères différenciant ces deux terroirs sont la densité de population, la densité de l'élevage bovin, le degré d'occupation des sols et le type d'habitat (tableau I).

Les systèmes de production agricole sont dominés par trois types de spéculations : coton, arachide et céréales. La surface cultivée par actif est plus importante à Ourolabo (de l'ordre de 1,1 ha) qu'à Héri (environ 0,8 ha). Cette différence est liée principalement au manque de terre à Héri. Le maïs de plein champs introduit depuis les années 80 a pris une place appréciable à Ourolabo (20 % des surfaces) alors qu'il reste secondaire à Héri (5 % des surfaces) (tableau II). Cette différence a des répercussions sur la fourniture de ressources fourragères au bétail, la paille de maïs étant beaucoup plus consommée par les ruminants que celle de sorgho.

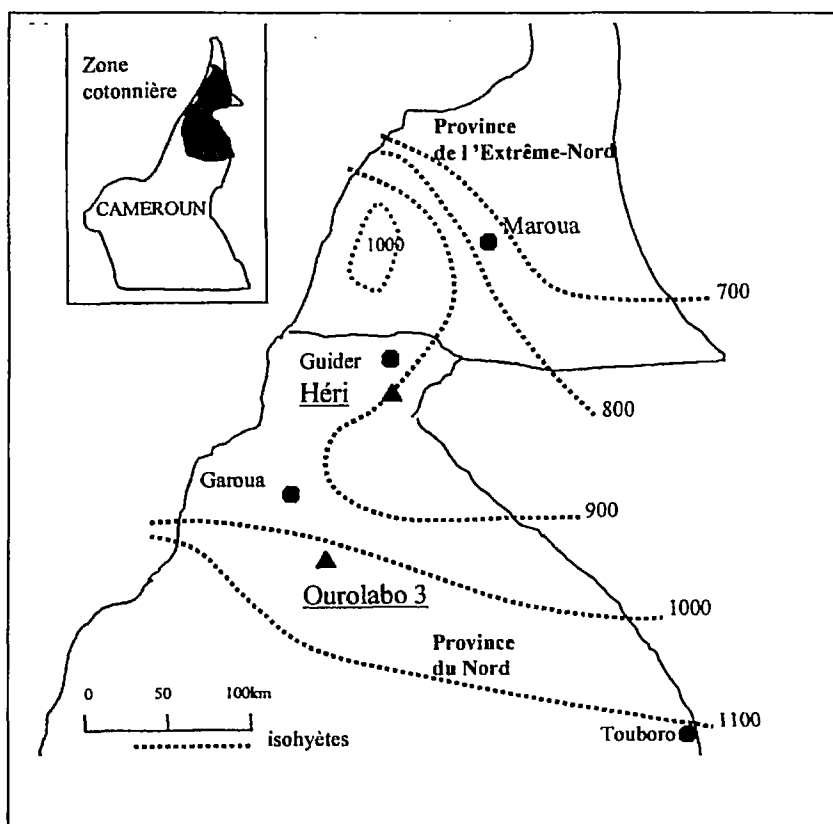


Figure 1. Localisation des villages de Héri et de Ourolabo.

Tableau I. Peuplement et occupation de l'espace villageois.

	Ourolabo	Héri
Surface du terroir (ha)	974	1 313
Population	800	1 450
Densité (hab/km ²)	82	111
Surface totale par habitant (ha)	1,2	0,8
Occupation de l'espace		
Zone cultivée (%)	66	80
Jachère (%)	10	0
Parcours + pistes + habitations (%)	24	20
Surface défrichée en 1994 et 1995 (ha)	84*	9

* Dont 34 ha dans le terroir limitrophe.

Tableau II. Quelques caractéristiques des systèmes de production.

	Ourolabo	Héri
Assolement villageois (%)		
– sorgho	19	28
– maïs	21	5
– arachide	33	36
– coton	27	32
Taux d'équipement (% des exploitations)		
– traction asine	6	19
– traction bovine	25	22
– charrette bovine	3	0
– charrette manuelle (pousse-pousse)	10	7
Bovins pour 100 habitants	22	40
Total bovins	176	580
Petits ruminants pour 100 habitants	41	86
Total petits ruminants	328	1247

Le terroir villageois de Héri est ancien, les limites de l'aire cultivée sont quasiment stables depuis une dizaine d'années. Du fait d'une accumulation monétaire ancienne, liée à la culture cotonnière (pratiquée depuis les années 60) les paysans de Héri ont pu investir dans l'élevage. Les cheptels de bovins et de petits ruminants y sont beaucoup plus développés qu'à Ourolabo (environ deux fois plus de têtes de bétail par habitant à Héri).

Par contre, les premiers migrants se sont installés à Ourolabo il y a seulement 12 ans, avec peu ou pas de bétail. Dans ce terroir, les résultats de la culture cotonnière sont généralement moins bons qu'à Héri du fait principalement de la moindre fertilité des sols. Les capacités d'investissement des paysans y sont donc plus faibles qu'à Héri. Par ailleurs la région d'Ourolabo n'est pas indemne de trypanosomiase ce qui limite le développement de l'élevage.

A Héri, la délimitation des zones d'élevage est précise ainsi que celle des *bourtol* (chemins pour le bétail). L'habitat y est dispersé en plusieurs quartiers ce qui limite les distances entre les concessions et les parcelles favorisant de ce fait les apports de fumure animale. Par contre l'habitat groupé de Ourolabo augmente les distances entre les parcelles et les concessions surtout pour les paysans arrivés en dernier (figures 2a et 2b).

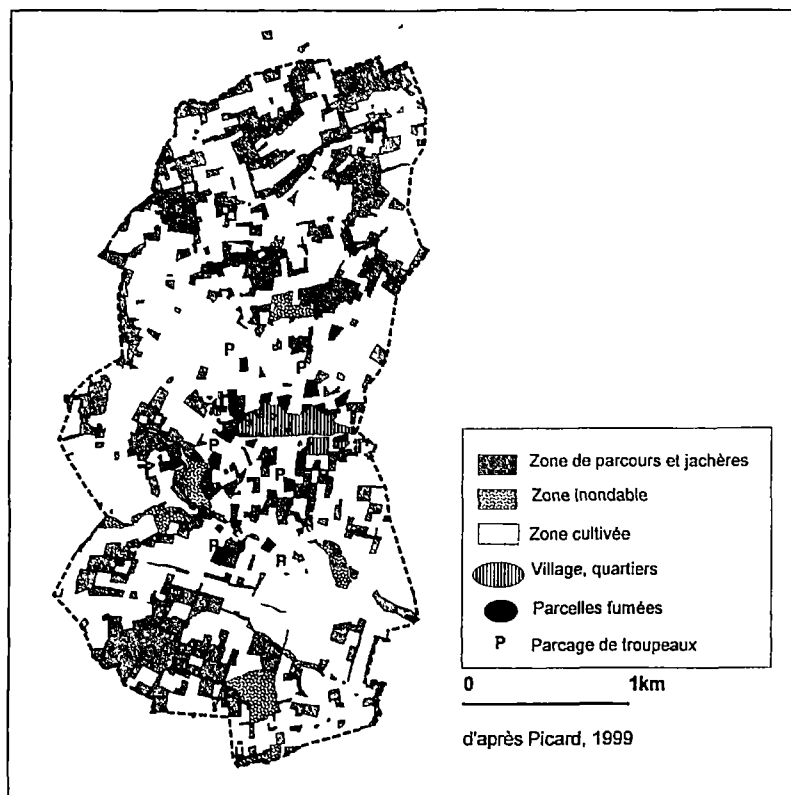


Figure 2a. Carte d'occupation des sols à Ourolabo (1995) et situation des parcelles recevant la fumure organique.

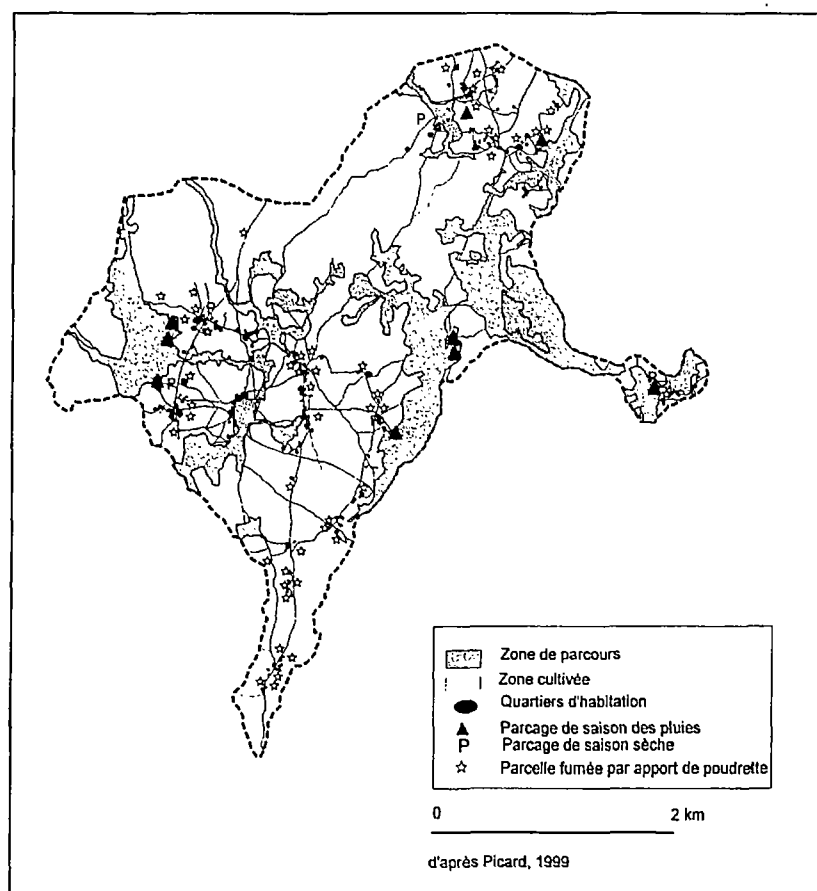


Figure 2b. Carte d'occupation des sols à Héri (1995) et situation des parcelles recevant la fumure organique.

Méthodes et cadre d'analyse

Le découpage du temps et de l'espace

On considère tout d'abord deux grands compartiments spatiaux :

- la zone cultivée en saison des pluies ;
- la zone non cultivée pâturée en saison sèche et partiellement ou totalement accessible aux troupeaux en saison des pluies.

L'accessibilité de ces deux zones pour le bétail diffère évidemment selon les périodes de l'année. En saison sèche et après les récoltes, les parcelles sont ouvertes aux troupeaux du village et dans le cas de Ourolabo à ceux des éleveurs transhumants m'bororos. L'ensemble de ces parcelles correspond à la vaine pâture définie comme le droit de faire pâturer son bétail sur des terrains non clos après les récoltes, terrains dont on n'est pas usufruitier. En saison des pluies, le bétail reste sur les parcours naturels et certaines jachères, mais de nombreuses enclaves non cultivées ne sont pas (ou difficilement) accessibles aux troupeaux.

Les dispositifs de mesure

Cette étude se focalise sur l'évolution de la biomasse herbacée durant la saison sèche en zone cultivée principalement et secondairement sur les parcours naturels. L'évaluation des quantités de litière provenant des arbres et des repousses d'arbustes a fait l'objet de quelques mesures ponctuelles en fin de saison sèche, uniquement sur des parcelles cultivées. Cela, dans le but de confirmer le faible rôle que jouent ces types de biomasse dans le *turn over* de la matière organique des sols cultivés dans les deux terroirs étudiés (Dugué, 1999).

Dans chaque village, le suivi des résidus des cultures principales (cotonnier, sorgho, maïs, arachide) au champ a été réalisé durant les saisons sèches 1994-1995 et 1995-1996 sur 15 à 20 parcelles par culture et par terroir. La consommation de fèces des ruminants et de résidus pailleux par les termites (maïs et arachide principalement) n'a pas été évaluée.

Le bétail, appartenant aux paysans et aux éleveurs des deux terroirs étudiés, a fait l'objet d'un recensement mis à jour chaque année. On a distingué les cheptels stabulés dans les concessions et ceux séjournant la nuit dans les champs en saison sèche (dont les troupeaux de transhumants) et sur des parcours en saison des pluies. Le stockage des résidus de récolte et l'affouragement du bétail ainsi que la complémentation avec des aliments concentrés (tourteau, drèche, grain) ont fait l'objet de suivis précis dans une vingtaine d'exploitations agricoles par terroir durant les saisons sèches 1994-1995 et 1995-1996.

Dans les deux terroirs et durant deux saisons sèches (1995 et 1996), on a quantifié et localisé les apports de fumure organique en distinguant les apports réalisés par le paysan depuis les enclos des animaux et les apports dus au parage des troupeaux bovins dans les parcelles et les parcours. Une évaluation des pertes de fumure animale a été réalisée pour chaque exploitation possédant des bovins après la période habituelle de transport de ce type de fumure (mars-avril). Les quantités de biomasse végétale et de fumure animale sont toujours exprimées en matière sèche (Ms).

Le cadre général d'analyse

Evolution de la biomasse et établissement de bilans

La production de biomasse végétale (les cultures, les adventices, la végétation des parcours) a lieu en saison des pluies et dépend de divers facteurs : pluviométrie, conditions édaphiques, choix techniques des paysans (figure 3). Le recyclage de la biomasse dépend principalement de l'élevage (consommation directe lors du pâturage ou affouragement dans les enclos), de l'agriculture (gestion des résidus de culture aux champs) et de façon moindre, des différents besoins des populations (combustible, fabrication des toitures...). La destruction de la végétation herbacée par le feu est une cause importante de perte de matière organique et d'azote dans cette zone de savane.

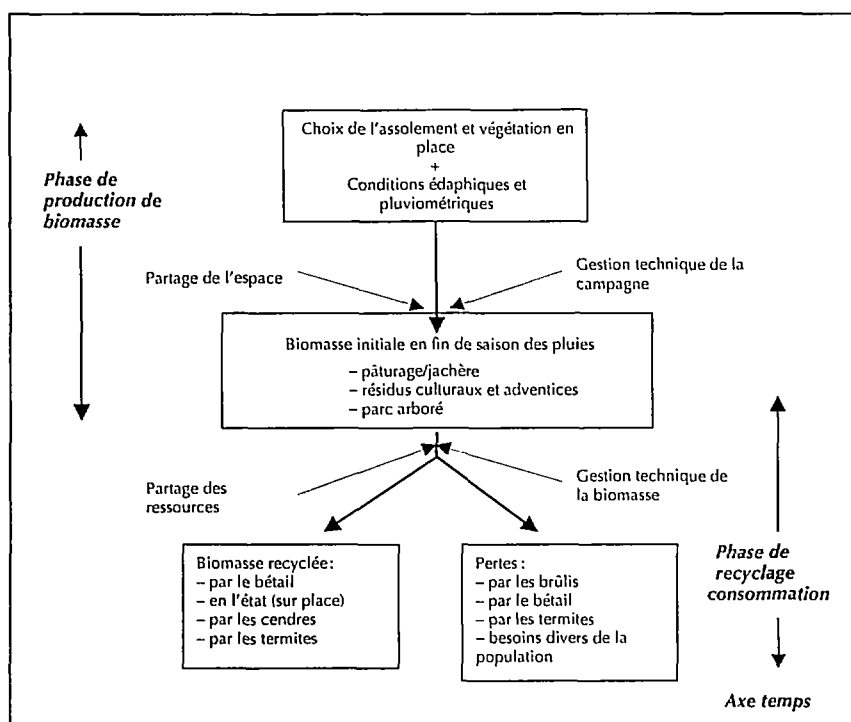


Figure 3. Evolution de la biomasse végétale dans le temps : production, valorisation et pertes.

A partir du suivi de l'alimentation du bétail, il a été possible d'établir des bilans fourragers pour la période de saison sèche. Par ailleurs, en prenant en compte les consommations d'engrais minéraux et à partir d'estimations d'exportation des récoltes et de résidus, il a été possible d'établir des bilans minéraux pour la zone cultivée.

Utilisation de la biomasse, flux et transferts de fertilité

L'utilisation de la biomasse végétale et de la fumure animale met en jeu des flux de matières, des transports, des déplacements au sein de cet espace et parfois avec les terroirs villageois périphériques. L'élevage constitue le vecteur principal de ces flux, mais les paysans assurent une partie de ces transports. Dans ces terroirs à vocation agricole les liaisons entre systèmes de culture et systèmes d'élevage sont fortes et variées (figure 4).

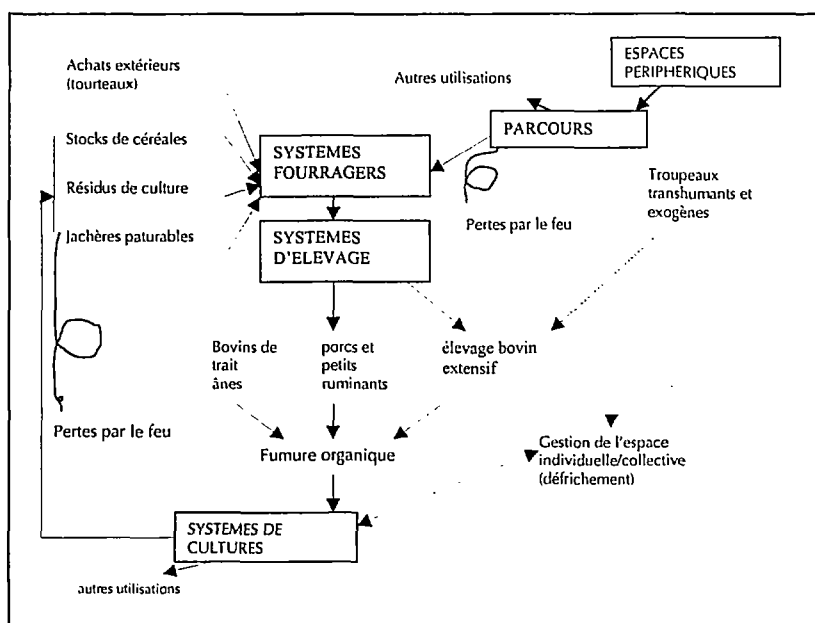


Figure 4. Relations agriculture-élevage à l'échelle du terroir villageois.

L'orientation de ces flux détermine les transferts de fertilité de la zone de parcours vers la zone cultivée mais aussi au sein des parcelles cultivées, entre les parcelles d'une même exploitation et entre exploitations. Ces transferts de fertilité seront caractérisés dans le cas des deux terroirs étudiés et d'une façon plus générale par rapport à la diversité des situations agropastorales des zones de savanes d'Afrique sub-saharienne.

Evolution des systèmes de production et valorisation de la biomasse disponible

Bilan de fertilité et transferts de fertilité au niveau du terroir

Bilan global de fertilité pour les zones cultivées

A partir principalement de la quantification des apports de fumure minérale, des exportations des productions (dont les résidus de récolte) et des disponibilités en fumure animale, il est possible d'avoir pour l'ensemble de la zone cultivée, une bonne évaluation du bilan minéral pour les 3 éléments majeurs (N, P, K) et du niveau d'entretien du statut organique des sols (tableau III).

Les pertes par érosion ne sont pas prises en compte dans la mesure où ce phénomène est marginal à Ourolabo et qu'il correspond à Héri à un transfert de fertilité des zones hautes vers les parcelles basses en bordure des *mayos* (cours d'eau). De même les transferts de fertilité verticaux entre les couches profondes du sol et l'horizon superficiel dus à la végétation pérenne n'ont pas été pris en compte. Ce type de transferts est principalement dû aux arbres et arbustes à enracinement profond et aux graminées pérennes. Ils contribuent activement aux mécanismes d'amélioration de la fertilité des sols par le biais de la jachère de longue durée et des parcs arborés denses. En fait, ces pratiques sont quasiment absentes de ces terroirs.

La mobilisation de toute la fumure animale (ou poudrette) produite dans les enclos et les parcsages aurait un impact non négligeable à Héri (461 t de poudrette disponibles) mais elle ne suffirait pas à équilibrer le bilan minéral global à l'échelle du terroir. Mais en réalité la fumure animale est très peu utilisée même à Héri où les agro-éleveurs y accordent plus d'importance (tableau IV). Les raisons de cette sous-utilisation avancées par les paysans, sont le manque de moyens de transport, l'éloignement des parcelles (à Ourolabo) et le statut foncier des terres. L'effet de la jachère de courte durée (1 à 3 ans) présente sur 80 ha à Ourolabo a été considéré comme négligeable dans l'établissement des bilans minéral et organique à l'échelle du terroir.

La capacité des paysans de ces terroirs à entretenir le statut organique des sols peut être appréciée par leurs disponibilités en fumure organique en considérant que le taux de Mo du sol reste stable si l'on apporte 5 t/ha de ce type de fumure tous les 2 ans (Sedogo, 1981) ou 7,5 t/ha tous les 3 ans (Pol, 1991 ; Ridder *et al.*, 1990).

Tableau III. Bilan minéral pour l'ensemble de la zone cultivée exprimé en Kg/ha, 1996.

	Héri (998 ha)			Ourolabo (635 ha)		
	N	P	K	N	P	K
Bilan minéral simplifié* (apports - exportations des cultures)	- 9	- 4	- 9	+ 1	-1	- 10
Impact de la lixiviation**	- 3	tr	- 2	- 4	tr	- 2
Bilan apparent	-12	-4	-11	-3	-1	-12
Contribution du potentiel de toute la fumure animale disponible***	+ 7	+ 2	+ 9	+ 3	+ 1	+ 4
Bilan global potentiel	- 5	- 2	- 1	0	0	- 6

* D'après (Dugué, 1999).

** D'après Gigou 1982 et Chabaliér 1976.

*** 461 t de poudrette disponible à Héri et 143 t à Ourolabo comprenant 1, 6 % de N, 0,5 % de P, 1,9 % de K.

Tableau IV. Valorisation du disponible de fumure organique traditionnelle (poudrette).

	Héri	Ourolabo
Surface (ha) actuellement fumée par :		
- apport de poudrette	9,8	1,3
- parcase	1,1	1,1
Surface totale en ha	10,9	2,4
et en % de la surface cultivée	1,2	0,4
Evaluation des pertes actuelles de fumure animale en t	348	102
Quantité totale (t) de fumure animale disponible	461	143
Surface (ha) correspondante à 5 t/ha	92	29

En prenant en compte cette norme de fumure et les effectifs actuels en bétail, la surface pouvant être fumée avec la production de poudrette chaque année dans les deux terroirs n'excédera pas 92 ha à Héri et 29 ha à Ourolabo. En considérant que la dose de 5t de fumure organique par hectare suffit pour deux années consécutives, les paysans de ces villages pourront maintenir le taux de matière organique de leur sol sur respectivement 184 ha et 52 ha soit 18 % de la surface cultivée à Héri et 8 % à Ourolabo. Les besoins en fumure organique pour atteindre l'objectif de 5 t/ha/2 ans sur l'ensemble de la zone cultivée sont considérables : 2495 t à Héri et 1587 t à Ourolabo.

Si l'on peut considérer que la fumure minérale est répartie de façon relativement uniforme sur l'ensemble de la zone cultivée dans le cadre de rotation coton/céréale/arachide, il n'en est pas de même pour la fumure organique qui est généralement localisée à proximité des habitations.

Flux de biomasse et transferts de fertilité au niveau des terroirs

On retrouve à Héri la distribution habituelle de la fumure organique, en auréole autour des habitations, observée dans bien des situations en Afrique sub-saharienne. On la devine à Ourolabo où elle est complétée par des apports liés au parcase des troupeaux allochtones (figures 2a et 2b).

Durant la saison agricole (mai à octobre) tous les troupeaux du village s'alimentent sur les parcours naturels du terroir mais aussi en périphérie (figure 5). Les animaux en retournant chaque soir dans des concessions ou dans des parcs, vont concentrer dans ces lieux de la fumure organique qui ne sera utilisée pour les cultures de l'année suivante qu'à hauteur de 15 % à 20 % (Dugué, 1999).

En saison sèche, les bergers privilégient dans un premier temps la vaine pâture des parcelles de céréales et de légumineuses qui est constituée de résidus de récolte mais aussi d'adventices très recherchées par le bétail. Durant la deuxième moitié de la saison sèche, les troupeaux diversifient leur alimentation : parcours naturels, restes de résidus de récolte, fourrages arborés et compléments alimentaires distribués par les bergers (Picard, 1999). Durant cette saison, la majeure partie de l'alimentation du bétail est donc issue directement de la zone cultivée ou indirectement par le biais de la complémentation (résidus de culture stockés et tourteau de coton). On peut estimer que les parcours naturels fournissent moins de 30 % des besoins en matière sèche du bétail durant cette période (Dugué, 1999). La fumure organique produite durant cette période est mieux utilisée, mais elle correspond principalement à un transfert d'éléments minéraux et organiques de l'ensemble de la zone cultivée vers les auréoles fumées autour des habitations.

Durant la saison sèche, il faut souligner les transferts de fertilité opérés par les troupeaux allochtones des parcelles pâturées d'Ourolabo vers les villages et les campements périphériques où ils séjournent la nuit. On a estimé le temps de présence de ces troupeaux à environ 50 000 jours x Ubt par an ce qui correspond à une production nocturne de poudrette de 75 t.

En dehors de faibles quantités de fourrages arborés ramenées dans les enclos, on n'a pas observé dans ces terroirs de flux importants de fourrage provenant des parcours vers les concessions comme c'est le cas dans certaines régions du Sénégal et du Niger où les éleveurs récoltent des quantités conséquentes de paille de graminées naturelles (Angé, 1991).

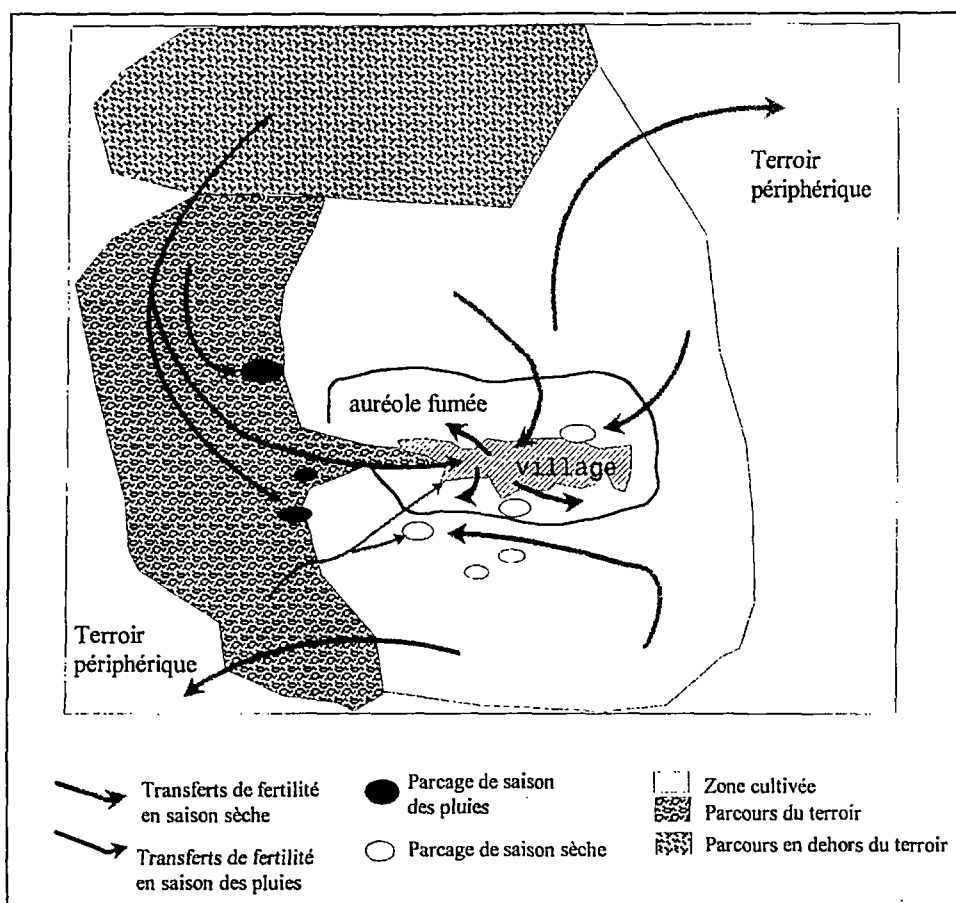


Figure 5. Localisation des transferts de fertilité dus à l'élevage selon les saisons.

Amélioration du recyclage de la matière organique sans modification des effectifs bovins

Le recyclage des résidus de récolte par les bovins

Les techniques de production de fumier de ferme ont fait l'objet de nombreux travaux en station et en milieu paysan (Berger 1996 ; Hamon 1972 ; Dugué 1993 ; Ganry 1991 ; Bosma *et al.*, 1993). Elles reposent toutes sur même principe : les bovins piétinent la litière de résidus de récolte (paille de céréales et même les tiges de cotonnier) qui se mélange aux fèces et aux urines et se décomposent petit à petit en fumier de qualité¹.

Selon les procédés de fabrication du fumier, les quantités de biomasse recyclées par bovin peuvent varier de 1 kg/jour à 6 kg/jour. La production de fumier correspondante sera comprise entre 2,2 et 6 kg/jour (matière sèche) pour une durée de stabulation en enclos ou dans les étables de 14 heures par jour (18 h le soir à 8 h le matin).

La technique du parc d'hivernage (Berger *et al.*, 1987) correspond à une utilisation maximale de litière (tableau IV). Durant la saison sèche, les bovins piétinent de grandes quantités de pailles (maïs, sorgho) à raison de 5 à 6 kg/jour/Ubt et les enrichissent en fèces et urines. Ce mélange reste en tas découvert et poursuivra sa décomposition en saison des pluies. La fumure ainsi produite est utilisée la saison agricole suivante. La période d'apport de litière est généralement circonscrite à la saison sèche, période durant laquelle les résidus de récolte sont facilement disponibles, soit au mieux 210 jours par an (15 octobre au 15 mai).

1. Fumier de bonne qualité : rapport C/N compris entre 10 et 15, composition minérale moyenne d'un fumier par rapport à la matière sèche : 1 % à 1,5 % de N, 0,35 % de P₂O₅, 1,5 % de K₂O (Berger, 1996).

Tableau IV. Besoins en litière et gains de production de fumure organique liés à son utilisation (1996) en t. de matière sèche.

	Héri	Ourolabo
Nombre d'Ubt stabulés la nuit	459	131
Besoins en litière en tonnes, pour 210 jours de production de fumier si apport de :		
– 1 kg/jour/Ubt	96	27
– 5 kg/jour/Ubt	482	137
Disponibilités en résidus non consommés * :		
sorgho+ maïs + arachide	551	338
cotonnier	510	208
Production de fumure organique supplémentaire en t et en (%)		
– si litière 1kg/j/Ubt	67 t (+18 %)	19 t (+ 13 %)
– si litière 5 kg/j/Ubt	433 t (+93 %)	124 t (+ 86 %)
Surface fumée supplémentaire en ha et en (%) si apport à 5 t/ha		
– si litière 1kg/j/Ubt	13 ha (+16 %)	4 ha (+ 13 %)
– si litière 5 kg/j/Ubt	87 ha (+104 %)	25 ha (+ 96 %)

* Correspondent aux quantités de résidus brûlés en 1996.

Quelle que soit l'hypothèse d'utilisation de la litière, les disponibilités en résidus de récolte sont suffisantes dans les deux terroirs. Le recours aux tiges de cotonniers (produit difficile à transporter) n'est pas nécessaire si les effectifs de bovins restent stables.

La transformation de la litière en fumier avec un apport quotidien de 1 kg/Ubt a un faible impact sur la quantité totale de fumure animale produite dans les deux terroirs (+ 18 % à Héri et + 13 % à Ourolabo). Par contre l'option de recyclage massif de résidus par les bovins stabulés (5 kg/j/Ubt) double à peu près la production de fumure organique et la surface fumée à l'échelle des deux terroirs. Mais la mise en œuvre de cette innovation pré vulgarisée au Mali et au Burkina Faso, est coûteuse en travail : transport de la litière et surtout gardiennage du troupeau si le parc est installé dans une parcelle éloignée du village (Tersiguel,1995).

Dans ce cadre les troupeaux m'bororos allochtones pourraient être mis à contribution durant une période relativement courte (moins de deux mois). Ces troupeaux d'effectifs élevés (50 à 100 têtes) pourraient recycler de grandes quantités de résidus de récolte. Cette dernière option n'a pas été prise en compte dans les calculs précédents.

Le recyclage de la biomasse végétale par compostage

Dans le contexte des zones cotonnières, le recyclage des résidus de culture par le bétail reste prioritaire. Mais il est aussi possible d'évaluer la quantité de compost qui peut être produite par différents types de biomasse végétale disponibles après fabrication du fumier : restes de pailles de céréales et d'arachide, déchets de battage, ordures ménagères, graminées naturelles, tiges de cotonnier... (tableau V). Actuellement la majeure partie de ces produits sont détruits par le feu. Ce compost serait fabriqué durant une période de 10 à 15 mois de façon à valoriser l'arrosage naturel par les pluies.

A Héri, les parcours non brûlés dégagent un excédent global de biomasse herbacée évalué à 132 t pour 1995. Mais du fait d'une augmentation des effectifs bovins, on a considéré que cette production sera rapidement utilisée par le bétail et donc ne peut pas être compostée. Les tiges de cotonnier et les graminées naturelles (à Ourolabo uniquement) constituent 66 % de la biomasse compostable à Héri et 76 % à Ourolabo, mais elles sont plus difficilement utilisables par les paysans (transport et tronçonnage coûteux en travail) que les résidus pailleux et surtout les ordures ménagères concentrées aux abords des concessions.

Tableau V. Quantité de biomasse végétale disponible pour la fabrication de compost (en t de Ms).

	Héri	Ourolabo
Résidus de récoltes disponibles après prélèvement de litière* (sorgho + maïs + arachide dégradée)	69	201
Ordures ménagères et issues de battages**	223	146
Tiges de cotonnier	510	208
Graminées naturelles ***	-	912
Total	802	1 467

* Litière à raison de 5 kg/j/Ubt pendant 210 jours/an.

** Ne sont comptabilisées que les coques d'arachide et rafles de sorgho et de maïs.

*** Correspond à la biomasse brûlée en saison sèche 1995/1996.

Le compostage des biomasses disponibles et actuellement non valorisées aboutirait à la production de 481 t de fumure organique à Héri et 880 t à Ourolabo (coefficient moyen de transformation de la biomasse de 60 % (Sedogo,1981). Ces quantités de compost permettraient de fumer respectivement 96 ha et 176 ha à raison de 5 t de compost par ha. Cette évaluation reste théorique dans la mesure où la main d'œuvre nécessaire à la fabrication de ce compost n'est peut-être pas disponible.

Impact du recyclage de la biomasse végétale sur l'entretien de la fertilité du sol

Le statut organique des sols

Outre le recyclage de l'ensemble de la biomasse végétale disponible (tableau VI), les paysans d'Ourolabo pourraient récupérer la fumure animale produite par les troupeaux allogènes pâturent le jour dans ce terroir et retournant le soir dans les villages périphériques, soit 75 t par saison sèche.

En mobilisant chaque année la totalité de la fumure organique pouvant être produite (fumier, compost, poudrette), les agriculteurs de ces terroirs pourraient maintenir le taux de matière organique du sol sur 532 ha à Héri et 484 ha à Ourolabo soit respectivement 55 % et 72 % de la zone cultivée. Mais si on exclut la possibilité de développer la technique du compostage, la surface pouvant être potentiellement fumée par le biais de l'élevage (par recyclage direct ou indirect de la biomasse végétale) se limiterait à 190 ha à Héri et seulement 66 ha à Ourolabo ce qui correspond à l'entretien du statut organique du sol sur une surface double soit : 380 ha à Héri et 132 ha à Ourolabo (seulement 38 % et 21 % de la surface cultivée).

Tableau VI. Recyclage de la biomasse végétale et surface pouvant être fumée (en ha).

	Héri	Ourolabo
Surface fumée supplémentaire par recyclage en saison sèche de 5 kg/jour de résidus de culture par les bovins intégrés	87	25
Surface fumée en valorisant la totalité de la poudrette produite dans ces terroirs + parcage traditionnel	83	26
Valorisation de la fumure produite par les troupeaux allogènes ne résidant pas actuellement la nuit sur le terroir	0	15 (maxi)
Surface fumée via l'élevage	190	66
Surface fumée par apport de compost (5 t/ha)	96	176
Surface totale fumée (à 5 t/ha)	266	242
Entretien du statut organique du sol sur :	532 ha	484 ha

Dans tous les cas, les agriculteurs ne sont pas en mesure d'entretenir la fertilité organique de leur sol sur l'étendue de la zone cultivée. Le compostage pourrait être une solution efficace¹ pour accroître fortement la disponibilité en fumure organique, mais la mise en œuvre de cette technique reste à valider. L'impact du recyclage de la biomasse par le bétail reste limité du fait principalement de la faiblesse des effectifs de bovins surtout à Ourolabo. Pour accroître les disponibilités en fumure organique dans ces deux terroirs, il faudra donc augmenter la charge en bovins.

Impact du recyclage de la biomasse végétale sur les bilans minéraux et la production agricole

Le recyclage de la biomasse végétale par le bétail et le compostage a pour effet de limiter les pertes en matière organique et en azote dues à la destruction des résidus de récolte par le feu (tableau VII).

Le recyclage d'au moins une partie de ces biomasses pourrait réduire (voire équilibrer) le déficit annuel en azote à Héri évalué à 5 kg/ha après que toute la poudrette soit utilisée (tableau III). A Ourolabo, le bilan en azote est à peu près équilibré, le recyclage de la biomasse permettrait une réduction de l'utilisation d'engrais azotés. A noter qu'il serait préférable de recycler les biomasses les plus riches en azote comme les ordures ménagères, les restes de fanes d'arachide et les tiges de cotonnier (teneur moyenne en N à 1 % de la Ms).

Le recyclage des résidus de culture, qui sont habituellement brûlés, ne modifie pas le bilan de phosphore et de potassium à l'échelle de l'ensemble de la zone cultivée. Le brûlis laisse sur place ces éléments contenus dans les cendres, la fabrication de fumier et de compost ne fera que déplacer ces éléments à l'intérieur de la zone cultivée. Seul le compostage des ordures ménagères et de la biomasse des parcours va améliorer quelque peu le bilan en phosphore et surtout en potassium. Le simple recyclage de ces ordures permettrait d'apporter 2 kg/ha de K₂O par ha cultivé ce qui correspond en gros aux pertes par lessivage (tableau VIII).

L'augmentation de production (grain et paille) due au meilleur recyclage de la biomasse végétale peut être calculée à partir des hypothèses suivantes :

- pour le cotonnier, le sorgho et le maïs on a retenu les mêmes gains de rendement obtenus par l'apport de 5 t/ha de fumier, de poudrette et de compost soit + 35 % pour les grains et le coton-graine et + 50 % pour les pailles et les tiges de cotonnier ;
- la fumure organique est appliquée à la dose de 5 t/ha et répartie sur les 3 cultures dans les proportions² suivantes : à Héri : coton 35 %, maïs 25 %, sorgho 40 % ; à Ourolabo : coton 15 %, maïs 70 %, sorgho 15 % ;
- les quantités de fumure organique disponibles correspondent à celles présentées au tableau VI.

Tableau VII. Impact du recyclage de la biomasse végétale sur le bilan azoté.

	Héri		Ourolabo	
	Tonnes de biomasse recyclable	Kg d'azote ** supplémentaire par ha cultivé	Tonnes de biomasse recyclable	Kg d'azote supplémentaire par ha cultivé
Paille (céréales + arachide) recyclée sous forme de litière :				
- 1 kg/jour/ubt	96	+ 0,5	27	+ 0,2
- 5 kg/jour/Ubt	482	+ 2,4	137	+ 1,1
Résidus de culture (tiges de cotonnier) et ordures ménagères compostées*	802	+ 10	555	+ 8
Biomasse compostée issue des parcours	# 0	-	912	+ 5
Total		+ 12,9		+ 14,3

* Cf. tableau VI.

*Teneur en azote de la biomasse recyclée : paille sorgho 0,4 %, fane d'arachide 1,7 %, paille de maïs 0,5 %, tiges de cotonnier 1,6 %, déchets de battage dont coque d'arachide 0,75 %, paille de graminées de parcours 0,35.

1. A noter que cette technique ne rentrerait pas en concurrence avec l'alimentation des troupeaux dans la mesure où seule la biomasse non consommée par le bétail serait compostée.

2. Ces proportions correspondent aux choix actuels des paysans en matière d'utilisation de la poudrette.

Tableau VIII. Impact du recyclage de la biomasse végétale sur le bilan en P_2O_5 et K_2O , en kg d'élément supplémentaire par ha cultivé.

	Héri			Ourolabo		
	Tonnes de biomasse recyclable	P_2O_5	K_2O	Tonnes de biomasse recyclable	P_2O_5	K_2O
Ordures ménagères compostées *	223 t	+0,3	+2,5	146 t	+0,3	+2,5
Biomasse des parcours compostée *	# 0	-	-	912 t	+2,1	+15
Total		+0,3	+2,5		+2,4	+17,5

*En considérant que les déchets de battage et les pailles de brousse renferment 0,15 % de P_2O_5 et 1,1 % de K_2O .

La valorisation de toute la production de poudrette actuellement disponible augmenterait légèrement la production agricole à Héri (+ 4 % pour la production de céréales et de coton) et de façon plus marginale à Ourolabo du fait des faibles effectifs de bétail (tableau IX). L'utilisation de la litière à la dose minimale à un impact marginal dans les deux villages. La combinaison « valorisation de la poudrette » et « recyclage de litière à dose forte » aura par contre un effet significatif sur la production dès la première année de l'ordre de +10 % à Héri et de + 5 % à Ourolabo. A cela s'ajouterait l'accroissement de la production de résidus de culture + 13 % à Héri soit 231 t de résidus supplémentaires et + 5,6 % soit 56 t à Ourolabo.

Ce surplus de production de résidus ne pourrait pas être recyclé la saison sèche suivante par le cheptel bovin en place puisque l'on dispose déjà de suffisamment de résidus pailleux pour assurer l'approvisionnement en litière même à forte dose. Deux possibilités de recyclage de ce surplus de biomasse végétale seraient alors envisageables :

- développer le compostage de la biomasse sans avoir recours à l'élevage, hypothèse peu réaliste car elle nécessite de la main-d'œuvre, du matériel de transport, etc ;
- accroître les effectifs des cheptels qui pourraient se nourrir à partir de ce surplus de résidus pailleux et participer à son recyclage.

Si aucune de ces voies n'est mise en œuvre, à ce surplus de production de résidus de culture correspondra un accroissement des exportations en éléments minéraux et organiques :

- si le surplus de résidus est brûlé au moment du nettoyage des parcelles (pertes en N et matière organique) ;
- si le surplus est consommé par des troupeaux allochtones retournant chaque soir dans les terroirs périphériques.

Par ailleurs, l'augmentation des rendements des cultures due à l'utilisation du surplus de fumure organique produit, entraîne un accroissement des exportations en éléments minéraux contenus dans les épis et le coton-graine. En considérant que les paysans ne modifient pas leurs pratiques de fertilisation minérale, le recyclage des éléments minéraux majeurs contenus dans le surplus de résidus produit permettrait d'équilibrer l'accroissement des exportations en N, P, K lié à l'augmentation des rendements des récoltes (tableau X). Le bilan en potassium serait même amélioré.

Tableau IX. Gain de production (en t de Ms) obtenu par une utilisation de la fumure animale et un recyclage plus ou moins intense de la biomasse végétale, (en t et en % par rapport à la production globale de 1996).

	Héri		Ourolabo	
	Grain + coton	Résidus de récolte	Grain + coton	Résidus de récolte
Valorisation de la poudrette des différents cheptels	41 (+4%)	110 (+6%)	10 (+2%)	26 (+2,6%)
Utilisation de la litière à 1Kg/j/Ubt	7 (+1%)	20 (+1%)	1,8 (+0,3%)	4,4 (0,4%)
Utilisation de la litière à 5 kg/j/Ubt	49 (+5%)	131 (+7%)	11,2 (+2%)	30 (+3%)
Compostage des restes de résidus + tiges de cotonnier	91 (+9%)	241 (+13%)	50 (+10%)	123 (+12%)

Tableau X. Impact d’une augmentation des rendements des récoltes (+35 %) et de résidus de culture (+50 %) sur le bilan minéral d’un ha fumé supplémentaire.

	Héri*			Ourolabo**		
	N	P	K	N	P	K
Exportations supplémentaires par ha cultivé dues aux récoltes	10	4	4	8	3	3
Éléments minéraux contenus dans le surplus de résidus de culture produit qui peuvent être recyclés	10	3	16	7	2	14
Bilan	-	-1	+ 12	-1	- 1	+11

* A Héri un ha fumé supplémentaire comprend 35 % de coton, 25 % de maïs, 40 % de sorgho.

** A Ourolabo un ha fumé supplémentaire comprend 15 % de coton, 70 % de maïs, 15 % de sorgho.

**Les modifications des transferts de fertilité
liées à un accroissement de la production de fumure organique**

Les paysans recycleront en priorité les résidus pailleux provenant des champs les plus proches et ils privilégieront ces mêmes espaces pour les apports de fumure organique. Le recyclage de la biomasse va donc limiter les pertes en azote et en matière organique dans cette auréole. Mais le paysan peut aussi collecter des résidus dans les parcelles plus éloignées. Dans ce cas, le recyclage de ces résidus par le bétail et l’apport de la fumure organique aux abords des concessions entraînera un transfert de fertilité des zones de culture éloignées vers l’auréole fumée. Le bilan pour l’azote reste globalement positif car il y a réduction des pertes par brûlis. Par contre, pour le phosphore et le potassium il y a appauvrissement des zones périphériques (qui ne profitent plus des cendres) au bénéfice de l’auréole fumée qui bénéficient des éléments organiques et minéraux (figure 6). D’autres cas de figure sont envisageables si les agriculteurs orientent différemment les flux de fumure organique. Par exemple, le compostage et la fabrication du fumier par le biais des parcs d’hivernage peuvent se réaliser dans les parcelles éloignées du village.

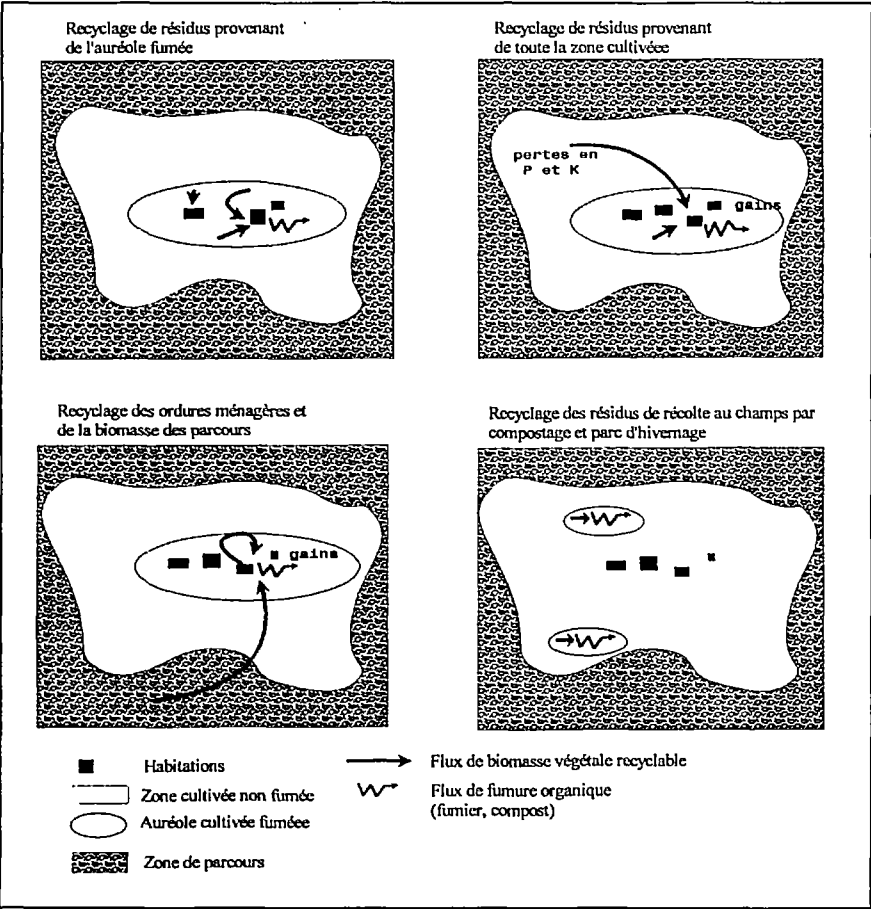


Figure 6. Recyclage de la biomasse végétale en fumier et compost et transfert de fertilité.

L'augmentation de la production de fumure organique par l'accroissement des effectifs de bovins

Malgré l'accroissement des effectifs de bovins de trait et d'élevage principalement par achat en 1995 et 1996, des contraintes à cet accroissement sont déjà identifiées par les éleveurs et les agro-éleveurs dans ces deux villages (tableau XI).

A Ourolabo, la surface de parcours disponible dans le terroir (320 ha) et en périphérie (230 ha) est encore suffisante pour accueillir plus de bovins en saison des pluies dans la mesure où les paysans faciliteraient le déplacement des troupeaux vers des parcours de faibles surfaces et dispersés dans le terroir. Mais l'élevage bovin dans ce village doit faire face à diverses maladies dont la trypanosomiase, la tuberculose et la dermatophylose. L'accroissement du cheptel bovin est aussi limité par la faible capacité d'investissement de ces paysans qui obtiennent des rendements en coton moyen à faible (autour d'une t/ha).

Tableau XI. Evolution des effectifs bovins et évaluation de la charge.

	Héri	Ourolabo
Effectifs bovins en 1996, équivalent Ubt	692 601	164 153
Accroissement des effectifs de 1995 à 1996	+ 135 bovins (dont 96 de trait) soit + 24 %	+ 18 bovins (dont 14 de trait) soit + 12 %
Surface pâturable en saison sèche, en ha/Ubt/an	4,4	12,4
Surface pâturable en saison des pluies en ha/Ubt/an	1,9	7,2
Charge acceptable* en ha/Ubt/an	de 2,7 à 9	

*Selon le type de végétation et pour les régions soudanaises, d'après Breman *et al.*, 1991, Bosma *et al.*, 1992.

A Héri, l'accroissement du cheptel bovin est très important depuis 1994 du fait de l'augmentation des revenus cotonniers suite à la dévaluation du F Cfa. Dans ce contexte, les éleveurs sont de plus en plus inquiets par la réduction de la qualité et de la surface des parcours de saison des pluies. Durant cette période, ils arrivent encore à exploiter des parcours hors du terroir (environ 250 ha) alors que les zones non cultivées dans le terroir (260 ha) sont de plus en plus difficiles d'accès (Picard, 1999). Pour assurer l'alimentation des troupeaux en début de saison des pluies, ils envisagent de développer la transhumance de courte durée vers des zones peu peuplées à l'ouest du village.

Cette analyse qualitative montre de fortes contraintes à l'accroissement du cheptel bovin à Héri. Par contre, le terroir d'Ourolabo pourrait accueillir deux à trois fois plus de bovins à trois conditions : l'accessibilité durant la saison des pluies de tous les espaces pâturables, le contrôle des feux de brousse, la réglementation de la vaine pâture gérée conjointement par les villageois et les éleveurs allochtones.

Les évolutions possibles des systèmes d'élevage et conséquences sur la gestion de la fertilité du sol

Dans cette étude, la qualité des pâturages de saison des pluies n'a pas été caractérisée et l'on a considéré à priori que les troupeaux pouvaient s'alimenter sur les parcours naturels durant cette saison sans contrainte. Seuls les animaux de trait ont besoin d'un complément alimentaire à cette période (Lelandais, 1996).

L'offre fourragère et les besoins des troupeaux villageois en saison sèche

L'approche quantitative

La saison sèche comprend d'une part en fait une période de forte disponibilité fourragère liée à la présence des résidus de culture laissés dans les champs (novembre - février) et d'autre part, une période de pénurie durant laquelle les agro-éleveurs doivent compléter la ration pâturée (mars - mai).

A partir du suivi de la biomasse végétale dans les parcelles en saison sèche, il est possible de mettre en correspondance l'offre en résidus fourragers et les besoins en matière sèche du bétail (tableau XII).

Tableau XII. Disponibilités en résidus fourragers et besoins des ruminants en matière sèche pour la période 15 octobre - 15 mai.

	Héri	Ourolabo
Résidus de culture consommés en t :		
-feuilles de cotonnier	96	52
- paille de maïs	135	256
- paille de sorgho et repousses	438	220
- fane d'arachide	430	254
- fane de niébé	35	45
Total en tonnes	1134	827
Besoins des troupeaux en matière sèche *	917 t	230 t (bétail villageois) 450 t (bétail allochtone) = 680 t
Taux de couverture dû aux résidus fourragers	123%	121 % (359 % bétail villageois)

*Tous cheptels de ruminants (bovin, ovin, caprin) soit 815 Ubt à Héri, 205 Ubt (bétail villageois) + 450 Ubt des troupeaux allochtones correspondant à 72 000 jours x Ubt à Ourolabo. Consommation moyenne journalière d'un Ubt = 6,25 kg de matière sèche.

A Héri, le disponible de résidus de culture fourragers suffirait juste à alimenter le bétail en saison sèche sans que celui-ci n'ait besoin d'exploiter les parcours naturels. Mais un accroissement de 25 % du cheptel bovin serait très problématique du point de vue de son alimentation de base. A Ourolabo, la marge de manœuvre est identique si l'on prend en compte l'ensemble des cheptels villageois et allochtones. Si les villageois limitent l'accès de leur terroir aux troupeaux étrangers, ils pourraient tripler la charge en bétail en saison sèche.

L'approche qualitative

Les apports de tourteau et de drêches de bière de sorgho correspondent à 70 % des apports d'Unité fourragère (Uf) et 90 % des apports de Matière azotée digestible (Mad) de la ration de complément (Dugué, 1999). L'affouragement du bétail dans les enclos à partir des résidus fourragers est encore marginal bien qu'en progression.

La part de ces aliments de complément dans l'alimentation du bétail peut être appréciée en prenant en compte les statistiques de livraison de tourteau de la Sodecoton et en estimant la production de drêches durant les trois derniers mois de saison sèche. On considère que les besoins de complémentation sont négligeables avant le 1^{er} février, les troupeaux trouvant une ration équilibrée sur la vaine pâture. Par ailleurs, ce bilan ne prend en compte que les animaux habituellement complémentés : les bovins (tableau XIII).

Les besoins en Mad de l'ensemble du cheptel bovin intégré seraient couverts aux deux tiers à Héri et plus de 100 % à Ourolabo (mais une partie du tourteau dans ce village reviendrait aux élevages de porcs). Ainsi, faute de stockage important de résidus de légumineuse (fanés d'arachide et de niébé), l'élevage bovin est très dépendant du tourteau de coton livré par la Sodecoton, au moins pour son alimentation azotée.

Un accroissement des effectifs bovins villageois impliquerait donc que les paysans augmentent leurs achats de tourteau de coton. Cela n'est pas facilement réalisable dans la mesure où les demandes des paysans producteurs de coton et des éleveurs au niveau régional dépassent l'offre de la Sodecoton. De ce fait, les agro-éleveurs auraient tout intérêt à diversifier leurs sources d'approvisionnement en aliments du bétail riches en azote de façon à ne pas dépendre exclusivement du tourteau de coton.

L'augmentation de la production de drêche de bière de sorgho est peu probable dans la mesure où les besoins en bière sont déjà largement couverts. A noter que la production théorique de tourteau issue des deux terroirs dépasse largement les quantités actuellement consommées. Le bétail de Héri consomme environ 16 % du tourteau issu de la sole cotonnière villageoise et 24 % pour le bétail de Ourolabo (tableau XIV).

Tableau XIV. Disponibilités en aliments du bétail concentrés et besoins du cheptel bovin pour la fin de saison sèche (15 février - 15 mai).

	Héri		Ourolabo	
Consommation 1995/96 du cheptel villageois en :				
- tourteau de coton		14,28 t		9,59 t
- drêche *		4,5 t		3,3 t
	Uf	Mad (kg)	Uf	Mad (kg)
Equivalents en Uf et Mad (tourteau + drêche)	15 024	5 184	10 313	3 537
Besoins des cheptels bovins intégrés pour 3 mois **	109 471	7 807	31 243	2 228
Taux de couverture par les aliments concentrés (%)	14	66	33	159

* Drêches produites uniquement durant cette période.

** 459 Ubt à Héri et 131 Ubt à Ourolabo (non compris les bovins éleveurs).

Tableau XIV. Production théorique et consommation par le bétail du tourteau issu de la sole cotonnière.

	Héri	Ourolabo
Tourteau de coton consommé en 1995/1996 (t)	14,28	9,59
Sous-produits venant de la sole cotonnière :	220	99
- graine de coton- équivalent tourteau (t)	88 t	39

La possibilité d'alimenter le bétail avec de la graine de coton brut serait envisageable si l'égrenage du coton-graine était délocalisé près des gros centres de production comme le village de Héri.

Pistes à explorer pour améliorer les bilans fourragers

Améliorer la productivité des parcours naturels

L'amélioration de la productivité des parcours repose principalement sur une gestion raisonnée de la ressource herbacée (pâturage tournant, mise en défens...) et leur enrichissement par des plantes fourragères herbacées ou ligneuses. Mais ces pratiques sont difficiles à mettre en œuvre lorsque la charge en bétail est importante comme c'est le cas à Héri. Le semis de *Stylosanthes hamata* sur des bandes labourées a été testé en 1995 dans ce terroir sur une petite surface. En saison sèche, les petits ruminants divagants ont surpâturé les pieds de stylosanthes et après deux années ils avaient disparu.

Accroître les disponibilités fourragères de qualité à partir de la zone cultivée

A partir des recherches menées en Afrique de l'Ouest et au Nord-Cameroun, il est possible de distinguer cinq types d'intervention visant une augmentation de la production fourragère à partir de la zone cultivée (tableau XV).

Trois voies pourraient faire l'objet d'une large diffusion (Bosma *et al.*, 1992 ; Dugué, 1995 ; Dugué et Olina, 1997 ; Dugué et Olina, 1999) :

- le stockage et le hachage des pailles de céréales ;
- la valorisation des fanes d'arachide qui prendra de plus en plus d'importance lorsque la pénurie fourragère va s'accroître ;
- l'association de légumineuses aux céréales du type maïs/niébé ou maïs/mucuna.

Tableau XV. Les voies d'amélioration pour accroître la production fourragère à partir des zones cultivées.

	Objectifs et atouts	Contraintes
Stocker et hacher les résidus fourragers actuellement disponibles	<p>Limiter les pertes par piétinement du bétail et consommation par les termites,</p> <p>Améliorer les quantités ingérées par le bétail</p>	<p>Transport</p> <p>Techniques et matériels de hachage à mettre au point</p>
Valoriser le potentiel fourrager de la sole d'arachide	Récolter une partie des surfaces en arachide après les dernières pluies afin de stocker des fanes de qualité	<p>Le semis doit être retardé d'où baisse probable de production</p> <p>Le soulèvement après les pluies doit être mécanisé (culture attelée)</p>
Développer les cultures fourragères associées aux céréales ou en dérobé	<p>Installer sous couvert du sorgho ou du maïs une légumineuse volubile : niébé, mucuna...</p> <p>Installer en dérobé un niébé à cycle court après une culture principale à cycle court (maïs, arachide)</p>	<p>Bien maîtriser l'association pour limiter la concurrence de la légumineuse</p> <p>Problèmes d'entretien des cultures et difficultés de récolte de la céréale (plantes volubiles)</p>
Développer les cultures fourragères annuelles en culture pure	Produire un maximum de biomasse fourragère	<p>Carence des sols en phosphore pour les légumineuses</p> <p>Manque de terre</p>
Développer les cultures fourragères pluriannuelles	<p>Produire du fourrage pendant deux ou trois années en investissant surtout la 1^{re} année pour installer la légumineuse</p> <p>Améliorer la fertilité du sol si le prélèvement de fourrage est limité.</p>	Manque de terre sauf si accord pour intervenir sur les marges des zones de parcours

En début de période de vaine pâture, les troupeaux prélèvent les parties des résidus les plus appréciées : feuilles et bouts des tiges. Le piétinement de ces résidus par les troupeaux entraîne des pertes importantes de fourrage de moindre qualité. La récolte et le stockage des résidus de culture permettent de limiter ces pertes et surtout de piloter ensuite l'alimentation des troupeaux. Le taux de collecte des résidus de culture est actuellement inférieur à 10 % dans ces deux terroirs. Au Mali, dans les mêmes conditions agro-écologiques, il atteint en moyenne 20 % (Bosma *et al.*, 1992).

Le simple hachage peut diviser par deux les pertes par refus. Le traitement des pailles à l'urée agricole permettrait aussi d'améliorer l'ingestion de pailles de céréales et la fourniture de Mad. Des essais de traitement de la paille de maïs à l'urée, menés en 1996, dans ces villages ont montré que cette technique pouvait être facilement mise en œuvre par les paysans après une courte formation.

La culture pure pluriannuelle de légumineuses comme *Stylosanthes hamata* et *Cajanus cajan* (pois d'angle) pose différents problèmes aux paysans même s'ils disposent de suffisamment de terre pour mettre en place ces cultures : difficultés d'installation de la légumineuse, destruction du fourrage et des plantes par le feu en saison sèche et nécessité d'enclorre ces parcelles fourragères dans les zones à forte densité d'élevage. De ce fait, le développement d'associations de cultures céréale/légumineuse annuelle semble plus prometteur.

L'accroissement de l'offre fourragère peut aussi correspondre à une amélioration des rendements des cultures et donc de résidus en modifiant la conduite des systèmes de cultures (entretien, fertilisation, densité optimale). Un effort particulier devrait porter sur la valorisation de la fane d'arachide dont la majeure partie de la production pourrit dans les champs.

Les gains de production fourragère envisageables

Concernant l'arachide (tableau XVI), on ne prend en compte ici que la production fourragère supplémentaire qui correspond à la part non valorisée par le bétail et actuellement brûlée, consommée par les termites ou incorporée au sol, l'autre part étant consommée par le bétail lors de la vaine pâture.

Les rendements fourragers (tableau XVII) les plus élevés correspondent au mucuna associé au maïs (jusqu'à 4 t/ha sur certaines parcelles) et aux légumineuses pluriannuelles à partir de la 2^e année. Toutes

ces cultures sont des légumineuses qui vont fournir un fourrage de qualité riche en azote, par ailleurs leur capacité à fixer l'azote de l'air peut avoir un effet positif sur la culture suivante.

Les surfaces concernées par ces différentes voies ont été fixées pour chaque village par rapport aux disponibilités en terre cultivable, aux nombres d'agro-éleveurs et la surface actuellement cultivée en arachide par ce type d'exploitation. On a ainsi considéré que les agro-éleveurs pouvaient récolter les fanes sur 20 % de leur surface en arachide. On considère qu'ils seraient en mesure de cultiver chacun 0,25 ha de niébé en culture associée (ou dérobée) ainsi que 0,25 ha de mucuna associé au maïs ou au sorgho. Enfin, la surface en stylosanthes et en pois d'angole a été fixée arbitrairement à 3,5 ha pour chaque culture à Héri du fait du manque de terre, ce qui correspond en moyenne à 0,07 ha par exploitation possédant des bovins. A Ourolabo où il existe encore des ressources en terre, il est envisageable que chaque agro-éleveur mette en place 0,125 ha de chacune de ces deux légumineuses pluriannuelles.

Globalement la production fourragère permettrait de couvrir les besoins en matière sèche de saison sèche pour 98 bovins supplémentaires à Héri et 75 à Ourolabo en considérant que l'accroissement de ce cheptel concernerait uniquement les exploitations possédant déjà des bovins. On note, en fait, un surplus en Mad qui pourrait être valorisé en mobilisant en complément plus de paille de céréales par simple stockage. On pourrait ainsi obtenir le doublement des effectifs de bovins à Ourolabo et une augmentation d'un tiers du cheptel à Héri.

Tableau XVI. Rendement en fourrage des voies d'amélioration retenues.

	Moyenne* en kg/ha (matière sèche)	Mini-maxi*
Surplus de récolte de fanes d'arachide	700	500-800
Légumineuses annuelles en culture associée		
Niébé dérobé après maïs	600	400-1 000
<i>Mucuna pruriens</i> associé au maïs *	2500	1 500-3 500
Légumineuses pluriannuelles		
<i>Stylosanthes hamata</i> **	4 100 (en 2 ^e année)	2 500-6 500
<i>Cajanus cajan</i> (pois d'angole)	3 100 (en 2 ^e année)	1 500-4 500

*A partir des résultats de tests réalisés en milieu paysan dans ces deux villages.

**En 2^e année 1,1 à 2,2 t/ha pour les parcelles non clôturées et plus de 7 t/ha en présence de clôture au Mali-Sud.

Tableau XVII. Production fourragère supplémentaire et effectif bovin correspondant.

	Héri			Ourolabo		
	Ha	Biomasse en tonnes	Mad en kg	Ha	Biomasse en tonnes	Mad en kg
Stockage fane d'arachide sur 20 % de la surface	39	27,3	1 638	20	14	840
Niébé associé ou dérobé	23	13,8	1 283	11,5	6,9	641
<i>Mucuna</i> associé au maïs ou sorgho	23	46	2 760	11,5	23	1 380
<i>Stylosanthes</i> 2 ^e et 3 ^e années	3,5	14,3	1 291	5,75	23,5	2 115
Pois d'angole 2 ^e et 3 ^e années	3,5	10,8	651	5,75	17,8	1 087
Total	92	112,2	7 623	54,5	85,2	6 063
Equivalent jours x Ubt t		17 952	40 333		13 632	32 079
*nombre d'Ubt pour 6 mois de saison sèche		98	221		75	176

*Besoins journaliers d'un Ubt : 6,25 kg Ms et 189 gr Mad.

Ce raisonnement tient compte uniquement de l'alimentation des bovins pendant les 6 mois de saison sèche. Nous ne disposons pas de données précises pour évaluer si ces terroirs et les parcours périphériques associés sont capables d'accueillir ce surplus d'effectif en saison des pluies.

L'estimation du surplus de production fourragère peut évoluer si l'on modifie les surfaces concernées pour chaque innovation par exploitation et si l'on augmente le nombre de propriétaires de bovins (ce qui à terme risque de se produire si les revenus cotonniers ne régressent pas).

L'impact d'une augmentation du disponible fourrager sur les transferts de fertilité au sein des terroirs

L'augmentation des exportations minérales et de la production de fumure organique

On se limite ici à un modèle simpliste qui met en relation d'une part les exportations d'éléments minéraux liées à la récolte du fourrage des légumineuses et d'autre part, l'accroissement de production de fumure organique que cette récolte supplémentaire peut engendrer (tableau XVIII).

Une tonne de fourrage de légumineuse permet de couvrir les besoins azotés de 1,7 Ubt pendant 6 mois de saison sèche, le complément énergétique pour obtenir une ration équilibrée sera fourni par le surplus de paille de céréales obtenu après stockage et hachage de ce type de résidus. En recyclant, durant cette même période, de la litière (1 kg/j/Ubt), ce cheptel (1,7 Ubt) produit 0,7 t de fumier Ms.

On peut considérer que le bilan du système (fourrage/fumier) est équilibré pour le potassium et le phosphore, son intérêt majeur réside en :

- une amélioration de l'entretien du statut organique des sols cultivés avec les conséquences agronomiques que cela entraîne (amélioration de la structure du sol et de l'activité de la macrofaune du sol...);
- une amélioration probable du statut azoté des sols concernés par ce système du fait de la fixation de l'azote atmosphérique (dans ce cas, le bilan azoté est aussi équilibré) et des apports de fumure organique ;
- une meilleure utilisation des réserves en eau et en éléments minéraux du sol des parcelles « vivrières fourragères » liée aux interactions entre céréales et légumineuses.

Tableau XVIII. Bilan entre les exportations d'éléments minéraux liées à la récolte du fourrage et l'accroissement de production de fumure organique.

	N	P	K
Exportations minérales en kg correspondant à la production d'une tonne de fourrage	18	3	12
Apports d'éléments minéraux en kg contenus dans 700 kg de fumier	11	4	13

Le renforcement des transferts de fertilité au sein de la zone cultivée

Quel que soit le type de cultures fourragères annuelles, il y a toujours transfert de fertilité depuis les parcelles portant ces cultures vers celles recevant la fumure organique. Deux types de situations sont alors envisageables :

- la production de fumure organique supplémentaire revient aux parcelles ayant produit cette production fourragère de façon à équilibrer les exportations dues à cette culture ; dans ce cas, il n'y a pas de transfert de fertilité ;
- la production de fourrage est effectuée sur des parcelles qui ne recevront pas la fumure organique pour des raisons principalement d'éloignement, dans ce cas il y a bien transfert de fertilité entre diverses parties de la zone cultivée.

Les deux cas de figure ont été observés lors des tests menés avec les paysans de Héri et de Oroulabo. Certains paysans ont préféré implanter les légumineuses fourragères dans les parcelles de maïs de case généralement fumées de façon à assurer un bon développement de la légumineuse (1^{re} situation). D'autres souhaitaient valoriser des parcelles de céréales montrant une faible densité et un faible

développement végétatif (parcelle généralement non fumée) en y implantant une légumineuse en fin de saison des pluies (2^e situation).

Le cas des cultures fourragères à base de légumineuses pluriannuelles

Le *Stylosanthes hamata* et le *Calopogonium muconoides* ont été testés à Ourolabo en 1994 et 1995 sur une dizaine de parcelles dans un objectif d'amélioration de la fertilité du sol et de limitation des adventices. Ces jachères améliorées à base de légumineuses sont réellement efficaces si elles restent en place au moins 3 années de suite.

Divers travaux menés au Mali et au Nigeria ont montré que ce type de jachère pouvait fournir conjointement du fourrage et améliorer la fertilité du sol (Hoefsloot et al., 1992). L'effet de trois années de *Stylosanthes hamata* sur la teneur en azote et en matière organique du sol peut varier considérablement selon le taux d'exploitation de cette culture (Wetselaar et al., 1973). Dans le cas d'un pâturage raisonné (1,3 Ubt/ha), l'azote organique du sol a augmenté de 106 kg/ha/an. Inversement, si la légumineuse est coupée en vert et totalement exportée il n'y a pas d'enrichissement du sol en azote. Ces auteurs ne proposent pas de bilans pour P et K, mais ils appliquent systématiquement dans leurs expérimentations 100 à 150 kg/ha de superphosphate en 1^{re} année de culture de la légumineuse.

Ce type de culture (stylosanthes, pois d'angole) peut fournir pendant deux à trois années d'une part du fourrage et par conséquence de la fumure animale et d'autre part, une amélioration de la fertilité du sol (au moins pour l'azote).

Malgré les qualités agronomiques et fourragères de ces légumineuses, il ne faut pas sous-estimer les difficultés rencontrées par les paysans pour maintenir en place ces cultures pendant trois années de suite : lutte contre les feux, enclosure des parcelles, gestion du prélèvement de fourrage... De plus, l'extension de ces « jachères améliorées » se heurte au manque de terres surtout à Héri.

Modalités de gestion de la biomasse et diversité des acteurs

Diversité des exploitations agricoles et transferts de fertilité au sein du terroir

Les transferts de fertilité au sein des exploitations agricoles

Au sein des exploitations agricoles sans élevage, les transferts de fertilité sont très limités, seules les parcelles de case reçoivent les déchets ménagers ainsi que les cendres. Les prélèvements de résidus de culture sont le fait des troupeaux des autres exploitations.

Les transferts de fertilité au sein des exploitations possédant du bétail (figure 7) dépendent en grande partie de l'importance des apports de fumure organique et du choix des parcelles qui reçoivent cette fumure. Trois situations sont actuellement observées dans ces terroirs et correspondent à des degrés croissants d'appropriation des ressources fourragères et d'utilisation de la fumure organique.

Dans le 1^{er} cas, le tourteau de coton (pour les petits effectifs) ou le recours à la transhumance et aux pâturages arborés (pour les plus grands troupeaux) permettent d'améliorer l'alimentation du bétail en fin de saison sèche. Les résidus de culture sont rarement stockés. La sous-utilisation de la fumure animale peut être liée soit à un manque de volonté ou de main-d'œuvre soit à l'absence d'une parcelle proche de la concession et de moyen de transport.

Le 2^e cas correspond à des agro-éleveurs qui valorisent bien la fumure organique sur les parcelles proches de l'enclos à bovins. S'ils disposent d'une surface suffisante dans cet environnement, ils procèdent à des apports alternés de poudrette en privilégiant soit les céréales (sorgho, maïs) soit le coton. Dans le cas d'une surface limitée proche de la concession, les apports peuvent être répétés chaque année sur les mêmes endroits. La complémentation du troupeau est largement effectuée à partir d'achats de tourteau. Les résidus fourragers stockés à la ferme viennent en premier lieu des parcelles les plus proches.

Dans le 3^e cas, le chef d'exploitation accorde une grande importance à la fumure organique qui peut être apportée sur des parcelles éloignées de la concession (jusqu'à 1,5 km pour Héri). Les exploitations

disposent alors d'une forte main-d'œuvre (plus de 7 actifs), d'un ou plusieurs équipements de transport (brouette, charrette bovine ou manuelle) et d'un cheptel bovin compris entre 8 et 20 têtes. Le paysan peut valoriser la poudrette que les éleveurs n'utilisent pas ou passer avec eux des contrats de parage. Il commence à raisonner ses apports de fumure animale non pas par rapport à la proximité des champs mais par rapport à trois critères principaux :

- la réduction des apports d'engrais sur le cotonnier de façon à limiter les charges ;
- le redressement de la fertilité d'une parcelle suite aux observations qu'il a pu faire (baisse de rendement, envahissement par le striga, dessèchement du sol...) ;
- l'objectif d'intensifier une culture comme le maïs.

Pour ces mêmes exploitations (cas 3) les flux fourragers s'intensifient depuis des parcelles de plus en plus éloignées de l'exploitation (récolte de la totalité des repousses de sorgho et des fanes de niébé, parfois des pailles de maïs). Des innovations comme la culture du sorgho fourrager vivrier *koïdawa*¹ et l'association du mucuna aux céréales apparaissent dans certaines exploitations de ce type. La complémentation du cheptel bovin reste encore largement tributaire des achats de tourteau de coton et de la valorisation d'une grande quantité de drêche. La volonté d'améliorer la productivité du bétail constitue un objectif important pour ces agro-éleveurs qui suivent généralement bien le plan de prophylaxie vétérinaire proposé par les services de développement. Mais dans ces deux terrains très peu d'exploitations se trouvent dans ce cas.

De la situation 1 à 3, les transferts de fertilité au sein des exploitations prennent plus d'importance et correspondent d'une part à une intensification croissante de l'élevage bovin et d'autre part au souci d'entretenir la fertilité du sol (figure 7).

Les transferts de fertilité entre les exploitations agricoles

Les agro-éleveurs possèdent toujours une ou de deux paires de bœufs de trait et cultivent une plus grande surface par actif que les paysans en culture manuelle et les éleveurs. Leurs besoins en fumure organique et en résidus fourragers (pour ceux qui disposent d'un petit troupeau) sont importants et ne sont pas couverts par leur propre production. C'est dans ce type d'exploitation que l'on rencontre le plus de matériel de transport facilitant la gestion de ces produits.

Les paysans sans élevage bovin sont dans une position d'excédent fourrager. Pour les plus petites exploitations à Héri (moins de 2 ha, moins de 0,5 ha de coton), ces paysans disposent aussi d'un surplus de main-d'œuvre susceptible d'être mobilisé pour la récolte et le stockage de résidus fourragers pour la vente. Ces paysans pourraient être intéressés par la fumure animale non utilisée par certaines exploitations possédant un troupeau.

Les éleveurs, principalement d'origine peule, pourraient fournir aux autres paysans l'excédent de fumure organique qu'ils ne valorisent pas actuellement du fait des faibles surfaces qu'ils cultivent (moins de 3 ha par exploitation en moyenne). Selon nos estimations, ils disposeraient d'un surplus de fumure animale même dans le cas où ils apporteraient 5 t/ha/2ans de fumure organique sur l'ensemble de leur parcellaire (Dugué 1999). Par contre, ils ont d'importants besoins en résidus fourragers et en aliments concentrés comme le tourteau de coton, voire le son ou la drêche, qu'ils ont du mal à se procurer. Il faut toutefois relativiser l'importance de ces échanges potentiels vu le faible nombre d'éleveurs dans ces terroirs.

Dans tous les cas, les cessions de résidus fourragers et de fumure organique sont négligeables pour le moment par rapport aux quantités actuellement utilisées. Toutefois, ces cessions entre types d'exploitation pourraient se développer si les besoins fourragers ou en fumure organique venaient à augmenter.

De ce fait, les transferts de fertilité entre types d'exploitation agricole s'opèrent principalement par le biais de la vaine pâture. Sans rentrer dans une quantification de ces flux, on considère qu'environ la moitié de la surface cultivée dans ces deux terroirs est gérée par des paysans sans bovin et renferme des ressources fourragères offertes sans contrepartie directe aux autres types d'exploitation ainsi qu'aux éleveurs allochtones (tableau XIX).

1. Sorgho de cycle court cultivé en fin de saison des pluies pour sa production de fourrage de qualité et son éventuelle production de grain, il peut être semé ou repiqué après un maïs ou une arachide précoce.

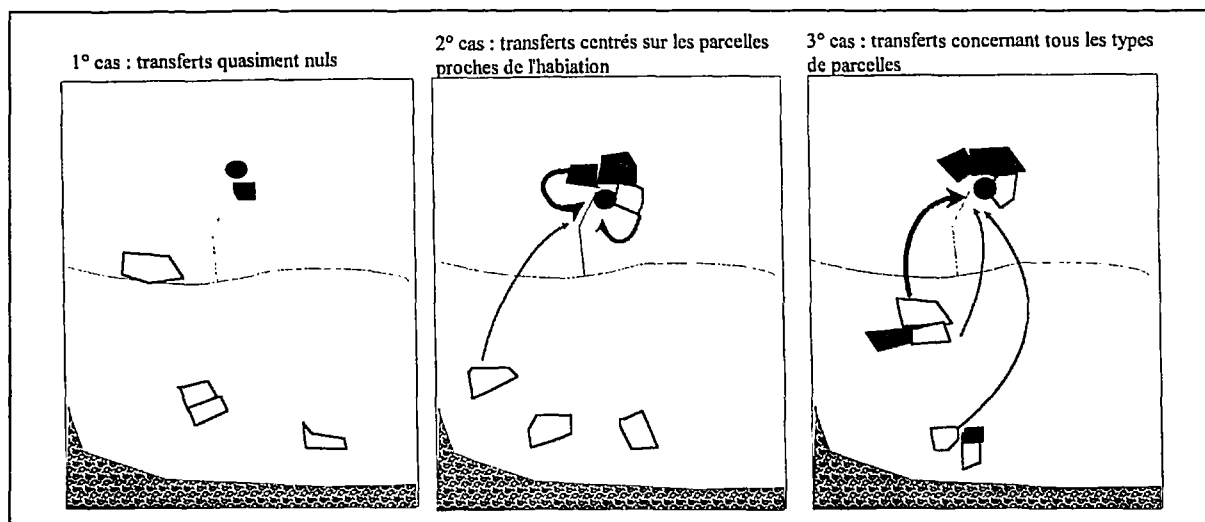


Figure 7. Typologie de transferts de fertilité au sein des exploitations agricoles.

Tableau XIX. Evaluation des effectifs bovins, des surfaces cultivées et du nombre d'exploitations/ grand type.

Types	Héri	Ourolabo
Exploitations sans bovin (nombre)	(181)	(102)
- surface cultivée (ha)	490	371
- effectif de bovins	-	-
Agro-éleveurs (2 à 15 bovins) (nombre)	(92)	(46)
- surface cultivée (ha)	487	260
- effectif de bovins	562	146
Éleveurs (> 15 bovins) (nombre)	(7)	(1)
- surface cultivée (ha)	21	4
- effectif de bovins	130	18

Modalités de gestion des ressources naturelles au sein des terroirs

Le développement de certaines innovations concernant l'utilisation des résidus de récolte et de fumure animale et la conduite des troupeaux va dépendre de l'évolution des modes de gestion individuelle et collective des ressources naturelles et des espaces.

L'accès au foncier cultivable

Le pouvoir coutumier foubé garde encore aujourd'hui la mainmise sur le foncier au Nord-Cameroun. Les paysans obtiennent un droit d'usage de la terre agricole soit par héritage soit par défrichement. La chefferie traditionnelle se garde le pouvoir de retirer ce droit d'usage en cas de conflit avec certains paysans. La location des terres n'est possible que pour une campagne agricole. L'absence d'un droit de propriété intangible, quel soit le mode d'accès à la terre, ne pousse pas les paysans à s'investir dans l'entretien de la fertilité des terres qu'ils cultivent. Seule, une baisse de production notable amène les paysans à intervenir pour améliorer la fertilité de leur terre et ce uniquement sur les parcelles pour lesquelles ils disposent d'un droit d'usage reconnu par tous. Les parcelles en location ne reçoivent jamais de fumure organique.

L'accès aux pâturages

La préservation des limites des parcours naturels dépend aussi des autorités coutumières qui peuvent pénaliser les paysans qui défricheraient des terres non attribuées. Cela est effectif à Héri où le pouvoir

représentant les différentes ethnies de migrants. La pression des agriculteurs d'Ourolabo sur les espaces non défrichés est très forte et aboutit à un « mitage » de la zone de parcours dans ce terroir. De ce fait, les bergers préfèrent conduire leur troupeau hors du terroir en saison des pluies vers une zone de parcours plus vaste dépendant du terroir m'bororo voisin. La délimitation et la préservation de cet espace ne sont pas actuellement assurées car les responsables coutumiers m'bororos n'hésitent plus à vendre leur brousse au plus offrant, révélant de leur part un objectif probable de repli vers d'autres régions moins peuplées et plus propices à la conduite de leurs troupeaux.

L'accès à la vaine pâture et aux résidus fourragers

Par définition la vaine pâture est accessible à l'ensemble des troupeaux du village. Toutefois, à Héri on observe une courte période — deux à trois jours — de pâturage des résidus de récolte réservée aux troupeaux des propriétaires des parcelles (Picard, 1999). A Ourolabo, les éleveurs m'bororos des campements environnants considèrent qu'ils peuvent exploiter les résidus de cultures dès que les récoltes sont terminées. Les M'bororos étaient avant 1982 les seuls occupants (non permanents) de cette région et de ce fait considèrent qu'ils ont des droits sur les ressources disponibles dans ce terroir. Ces derniers entendent bien faire respecter cette règle ancestrale et n'apprécient pas que les paysans récoltent et stockent des résidus fourragers qui reviennent habituellement à leurs troupeaux. Les conflits entre éleveurs et paysans durant cette période de récolte sont beaucoup plus fréquents qu'en saison des pluies où chacun demeure dans l'espace qu'il exploite habituellement.

Stratégies et choix techniques des producteurs

Le cas spécifique des éleveurs de Héri

Les éleveurs sont largement minoritaires dans les deux terroirs étudiés même si à Héri ils gardent une position sociale et politique importante. L'objectif majeur de ces exploitants est de faire prospérer l'élevage bovin tout en s'adonnant à l'agriculture vivrière d'autosubsistance et à la culture du coton pour avoir accès au tourteau.

Deux stratégies complémentaires sont développées par les éleveurs de Héri :

- élargir l'espace d'élevage en recourant à la transhumance de courte durée (moins de 2 mois) ;
- valoriser les ressources fourragères locales pour maintenir en permanence sur le terroir une partie du troupeau (achat de tourteau et de paille de sorgho muskwari...).

Pour le moment, ces éleveurs valorisent partiellement la fumure organique provenant de leur troupeau même si certains d'entre eux pratiquent efficacement le parage tournant dans leurs parcelles en saison sèche. A terme ces éleveurs envisagent de mieux gérer cette ressource fertilisante sur leurs propres parcelles. Le parage de leur bétail dans les champs des agriculteurs est peu probable sauf si le travail supplémentaire qu'il occasionne est bien rémunéré. Dans ce domaine, les éleveurs et les agriculteurs du Nord-Cameroun manquent de référence car il n'existe pas de contrat de parage entre ces deux types de producteurs comme en Afrique de l'Ouest.

Des agriculteurs à la recherche de terre

La stratégie d'accroissement des surfaces cultivées (facilitée par la traction animale, les herbicides, etc.) est commune à tous les agriculteurs quel que soit le type d'élevage qu'ils pratiquent. Elle s'appuie en premier lieu sur les revenus issus du coton et des autres cultures de vente (arachide, maïs) car dans bien des cas, il faut « acheter » la terre ou « gratifier » les chefs coutumiers pour y avoir accès.

L'extension des surfaces agricoles se fait de plus en plus dans des zones marginales à Héri (sols caillouteux) ou traditionnellement non cultivées à Ourolabo (dépressions et bordures de mayo favorables à la riziculture ou aux productions de contre saison : bananes et légumes). On observe depuis peu le développement de la culture du manioc à Ourolabo qui occupe les terres pendant 12 à 15 mois au détriment de la vaine pâture des résidus de la culture venant avant le manioc : le maïs ou l'arachide. Là encore, cette extension de l'ager dans l'espace ou dans le temps (culture de contre-saison, manioc) se fait au détriment de l'alimentation des troupeaux. Dans tous les cas, les paysans visent en premier lieu à contrôler ces espaces plutôt qu'à y développer des systèmes de cultures vraiment intensifiés.

Choix techniques et gestion de la fertilité du sol

La stratégie d'accroissement des surfaces cultivées va le plus souvent à l'encontre d'une stratégie de maintien voire d'amélioration de la fertilité du sol :

- les ressources limitées en fumure organique et minérale sont « diluées » sur une plus grande surface ;
- la réduction du temps de travail disponible par unité de surface ne permet pas de contrôler la prolifération de certaines adventices, de préparer correctement les sols, de limiter l'érosion ;
- le développement des modes de faire valoir précaires (location, échange de travail contre de la terre...) augmente les surfaces sur lesquelles les paysans s'investiront peu.

Les agriculteurs favorisent largement le brûlis des résidus de culture au détriment d'une préservation de la matière organique par les techniques de mulch ou d'enfouissement des résidus. Cela s'explique par la recherche d'un sol nu ne comportant aucun obstacle pouvant ralentir l'exécution des opérations culturales : le labour, le semis et les sarclages. Enfin, le brûlis reste la technique la moins coûteuse en temps de travail pour éliminer les restes de résidus de récolte principalement les tiges de cotonnier. Toutefois on peut noter à Héri (du fait certainement du manque de terre) quelques tentatives d'amélioration de la fertilité du sol : aménagement anti-érosif, travail du sol perpendiculaire à la pente, développement de la fumure organique.

En fait, les paysans essayent de s'adapter à la baisse de fertilité du sol en jouant sur les rotations et les associations de cultures, en utilisant un peu plus de fumure organique et d'engrais... Ils ne développent pas comme le font les agronomes, un raisonnement prévisionnel (ou préventif) visant à équilibrer les bilans organiques et minéraux par recours aux fertilisants et aux amendements.

Une contradiction propre aux agro-éleveurs : accroître les surfaces cultivées tout en augmentant les effectifs des troupeaux

Dans ces terroirs, comme dans la zone soudanienne en général, la majorité des paysans souhaite développer l'élevage bovin et dépasser le stade de la seule paire de bœufs de trait. Pour ces producteurs, l'élevage bovin demeure l'investissement le plus rentable.

Ces agro-éleveurs développent des stratégies contradictoires (au moins à moyen terme) en cherchant à accroître la surface cultivée au détriment des espaces de parcours tout en augmentant les effectifs de leur troupeau bovin. Chaque agro-éleveur essaye de s'adapter à la réduction des espaces pâturables en saison des pluies par la conduite des bœufs de trait au piquet dans des espaces résiduels non cultivés, le renforcement du gardiennage pour valoriser des parcours exigus ou des déplacements plus longs vers des parcours hors du terroir... En dernier lieu, ils confient leurs bœufs d'élevage dans leur village d'origine situé dans l'extrême nord comme c'est le cas actuellement pour certains agro-éleveurs d'Ourolabo.

Des stratégies individuelles renforcées face à la faiblesse d'une gestion collective des ressources naturelles et des espaces

Dans les domaines des productions végétales et animales, les stratégies individuelles prennent de plus en plus d'importance par rapport à la gestion collective des ressources naturelles et des espaces. L'extension de la surface cultivée repose clairement sur des stratégies individuelles qui dépendent à la fois du niveau de revenu du chef d'exploitation et des relations qu'il entretient avec les autorités coutumières.

Cette course à la terre reposant sur des relations de clientélisme conduit à minimiser la gestion collective des ressources en terre et des espaces. Par manque de concertation entre les différentes catégories de producteurs, le potentiel fourrager et de fumure animale de ces terroirs est mal valorisé. Des espaces non cultivés ne sont pas accessibles au bétail en saison des pluies faute de piste à bétail suffisamment large. Lorsque ces espaces correspondent à des jachères (même de courte durée), le bétail pourrait y prélever une partie de la production de biomasse végétale et, en contrepartie, apporter de la fumure organique par le biais du parage de saison des pluies.

Du fait de la réduction des surfaces de parcours, les systèmes fourragers futurs reposeront en grande partie sur des productions issues de l'aire cultivée. En saison sèche, des stratégies individuelles d'alimentation du bétail côtoient une utilisation collective de la vaine pâture de résidus de récolte. Mais il est probable qu'à moyen terme, les agro-éleveurs chercheront à contrôler cette ressource fourragère en établissant une période plus longue de récolte des résidus. Dans tous les cas, il est nécessaire de

développer des mécanismes de coordination entre les éleveurs exploitant principalement la vaine pâture et les agro-éleveurs souhaitant récolter les fourrages et les résidus.

D'un point de vue agronomique, les parcelles pluriannuelles de légumineuses (ou « jachères améliorées ») apportent une solution efficace en matière d'amélioration de la fertilité du sol tout en fournissant un fourrage de qualité. Ces parcelles sont mises en place par les paysans au niveau de leur exploitation, mais leur efficacité dépendra du respect de certaines règles collectives (contrôle des feux, gardiennage permanent du bétail en saison sèche) à moins d'avoir recours à des clôtures de qualité (grillage) renforçant la propriété individuelle, mais dont la rentabilité reste à démontrer.

Evolution des transferts de fertilité en fonction de l'accroissement démographique

Les critères de différenciation des diverses situations agropastorales

En zones sahélienne et soudanienne, la nature et l'importance des transferts de fertilité dus à l'élevage dépendent de trois facteurs :

- la productivité des parcours et de la zone cultivée dépend principalement de la fertilité du milieu et des disponibilités en eau ce qui détermine la quantité de biomasse consommable par le bétail ;
- le ratio surface agricole/surface totale et le facteur précédent vont déterminer la charge animale maximale possible en saison des pluies et en saison sèche et donc l'importance des transferts de fertilité du *saltus* vers l'*ager* ;
- le ratio nombre de bovins/ha cultivé détermine la quantité de fumure animale effectivement disponible par unité de surface cultivée.

Ces trois facteurs étant fixés, les paysans et les éleveurs ont toutefois diverses possibilités pour améliorer les transferts de fertilité et limiter les pertes en matière organique en modifiant leurs pratiques comme cela a été proposé ci-dessus. Dans ce contexte, les problèmes de transport sont cruciaux (litière, fumier, compost, fourrage...) mais ils ont été peu abordés jusqu'à maintenant par la recherche et le développement.

Afin de dépasser le cadre de l'étude de cas « Nord-Cameroun », on se propose d'analyser la diversité des types de transfert de fertilité dû à l'élevage en Afrique sub-saharienne en prenant en compte les 3 facteurs explicatifs : surface agricole/surface totale du terroir, importance des disponibilités fourragères, nombre d'Ubt par ha cultivé (Landais *et al.*, 1991). On a ainsi retenu 3 grandes situations qui couvrent une large gamme de densité de population humaine (de 5 à 120 hab./km²) et de charge animale (de 5 à 60 Ubt/km²) (tableau XX).

Tableau XX. Caractéristiques des différentes situations agropastorales des zones de savane.

Type de situation agropastorale	Densité population habitants/km ²	Ubt/km ²	Ubt/ha cultivé	Surface cultivée/surface totale
Zone à faible densité de population avec élevage extensif et surface cultivée limitée aux céréales	< 10	< 10	8 à 15	< 10%
Zone d'agriculture/élevage avec augmentation des surfaces cultivées et de la densité d'élevage	20 à 80	20 à 60	1 à 2	15 à 35%
Zone à forte densité de population dominée par les productions végétales où l'élevage stagne ou régresse	> 80	30 à 50	< 0,5	> 60%

Caractérisation des types de transfert de fertilité selon l'importance de l'élevage

Les zones à faible densité de population et élevage extensif

Ces zones correspondent aux régions peuplées généralement par des ethnies d'éleveurs (Peuls, Foulbés Toucouleurs...) partiellement sédentarisées où la production céréalière s'est développée ces trente dernières années. On peut considérer dans cette situation que le rapport Ubt/ha cultivé se situe entre 8 et 15 avec une charge animale généralement limitée (< 10 Ubt/km²) du fait d'une faible densité de population. Les rendements en céréales sont généralement élevés du fait d'une bonne fertilité du sol entretenue par des apports réguliers de fumure animale et par, si besoin, le recours à la jachère (Boutrais, 1995 ; Adamou, 1989). Le parage du bétail sur une partie de l'aire de culture en saison sèche est systématique. Le parage de saison des pluies sur des jachères de courte durée observé chez certains éleveurs m'bororos au Nord-Cameroun, est moins fréquent. Dans toutes ces situations, les transferts de fertilité se font presque exclusivement depuis les zones pastorales vers les zones cultivées (figure 8). La durabilité de ces systèmes de production est assurée tant que la surface cultivée n'augmente pas considérablement du fait de l'arrivée de paysans migrants par exemple.

Les zones d'élevage traditionnel où les surfaces cultivées progressent rapidement

Ces situations sont de plus en plus fréquentes en Afrique sub-saharienne principalement dans les zones cotonnières. Elles se caractérisent par une juxtaposition sur les mêmes espaces de l'agriculture et de l'élevage. Du fait de l'accroissement démographique (migration et croissance naturelle), les surfaces cultivées dans ces régions s'accroissent régulièrement. Les agriculteurs ont aussi comme objectif de développer l'élevage bovin. Lorsque la densité de population est encore modérée (20-50 hab/km²) l'entretien de la fertilité du sol est assuré à la fois par la jachère, l'utilisation des engrais minéraux et les transferts de fertilité dus au bétail. Ces transferts proviennent principalement des zones de parcours ainsi que des zones cultivées ouvertes à la vaine pâture en saison sèche (figure 8). Lorsque le rapport Ubt/ha cultivé est élevé (supérieur à 1) et que les exploitations agricoles sont bien équipées en charrette, les surfaces concernées par la fumure animale peuvent être importantes comme c'est le cas au Mali Sud : 90 % des exploitations agricoles déclarent utiliser ce type de fumure qui concerne 36 % des surfaces en maïs et environ 15 % des surfaces en cotonnier (Giraudy, 1995)

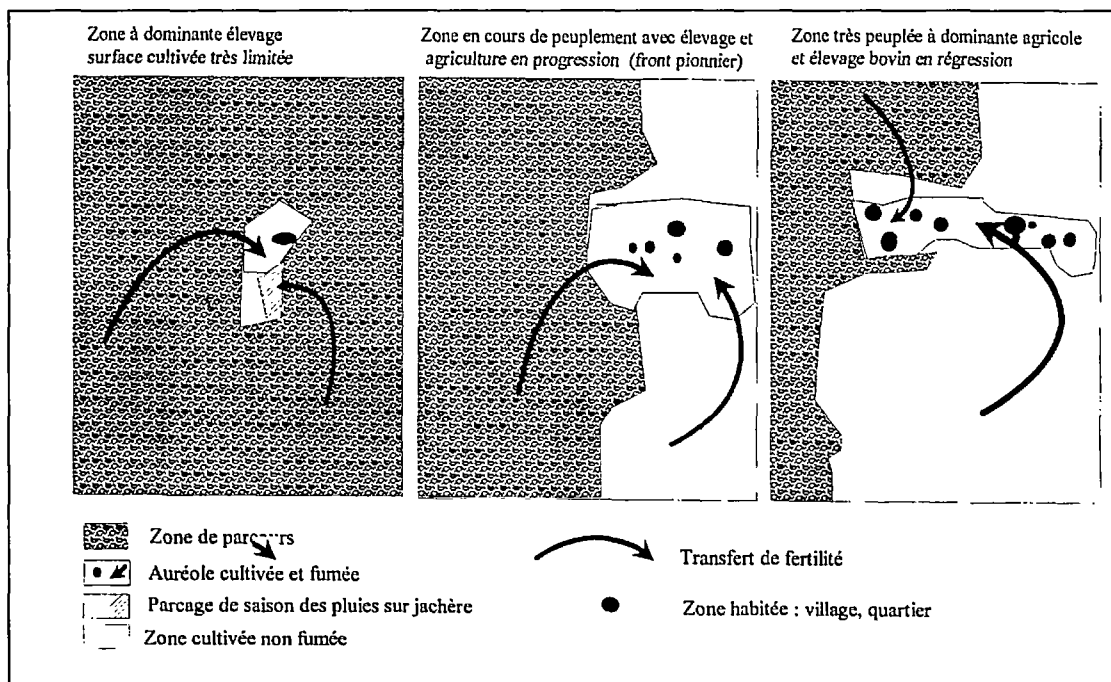


Figure 8. Transfert de fertilité dus à l'élevage et accroissement démographique.

L'équilibre de ces situations est assuré par la conjonction d'une charge animale élevée (de l'ordre de 30 Ubt/km²) et d'une préservation d'un espace de parcours naturels sur plus de la moitié de la surface totale des terroirs. Ces parcours permettent d'assurer l'alimentation du bétail une bonne partie de l'année et de pratiquer la jachère. Lorsque les surfaces cultivées progressent, les agriculteurs doivent rechercher concomitamment une augmentation des effectifs de bovins afin de maintenir, voire d'augmenter, la production de fumure organique par ha cultivé (Bosma *et al.*, 1995). Dans ce contexte, l'amélioration des disponibilités fourragères est indispensable comme cela a été mis en évidence et proposée dans les régions les plus peuplées de la zone cotonnière au Mali (dolique associée au maïs, jachère à base de légumineuses fourragères...).

Les zones à dominante agricole où l'élevage est en régression

Cette troisième situation découle directement de la précédente du fait de l'accroissement de la population (plus de 60 hab/km²) et des surfaces cultivées au détriment des espaces pastoraux. Dans un premier temps, l'élevage extensif régresse ou migre vers des zones moins peuplées (Garin *et al.*, 1995 ; Lericollais *et al.*, 1994). Cette diminution d'effectif peut être compensée par un accroissement du cheptel bovin intégré aux exploitations (cas du terroir de Héri). Les cultures concernent entre 60 % et 90 % de la surface du terroir. L'impact de l'élevage sur l'entretien de la fertilité des sols cultivés devient forcément très limité du fait d'un rapport Ubt/ha cultivé souvent inférieur à 0,5 (Dugué *et al.*, 1997).

En zone soudano-sahélienne (moins de 800 mm/an), l'élevage bovin producteur de fumure, peut régresser rapidement du fait de mauvaises conditions pluviométriques qui affectent les rendements des cultures (donc ceux des résidus de culture) mais aussi la production des parcours naturels (Lhoste, 1987 ; Dugué, 1985). Les paysans sont alors obligés de vendre une partie de leur troupeau pour assurer leur approvisionnement vivrier et la mortalité du bétail augmente du fait d'une réduction drastique des disponibilités fourragères. Dans ces situations de plus en plus fréquentes en zone soudano-sahélienne, les transferts de fertilité dus à l'élevage sont très limités même si les paysans gèrent avec beaucoup d'attention leurs maigres ressources en fumure animale (figure 8). L'impact potentiel du recyclage de la biomasse végétale non consommée par le bétail en fumier ou en compost reste limité du fait des faibles disponibilités en résidus de culture après prélèvement par le bétail et les populations (le plus souvent inférieures à 700 kg/ha) (Dugué, 1996 ; Badiane, 1998). Il semble alors difficile de modifier notablement l'importance de ces transferts qui nécessiterait une recapitalisation des exploitations agricoles (achat de bovins et de matériel de transport) ainsi qu'un accroissement du disponible fourrager. La principale possibilité d'entretien de la fertilité du sol repose non plus sur l'élevage mais sur des transferts verticaux réalisés par les parcs arborés.

Dans les régions plus humides (800 - 1 200 mm/an), ce type de transfert vertical peut toujours être assuré par des arbres mais aussi par des plantes de couverture qui ont par ailleurs comme fonction de réduire les pertes par érosion (Triomphe, 1995).

Gestion de la fertilité du sol et accroissement démographique

Cette analyse de quelques situations d'Afrique sub-saharienne met en évidence les limites d'un modèle de gestion du milieu basé uniquement sur l'intégration de l'élevage à l'agriculture.

Lorsque les densités de population sont moyennes et inférieures à 80 hab/km², une meilleure valorisation de la biomasse végétale disponible est envisageable et diverses voies d'amélioration sont envisageables. Comme cela a été évalué pour les terroirs de Héri et Ourolabo, les marges de progrès sont très importantes.

Lorsque les densités de population rurale dépassent 80 hab/km², les marges de progrès sont plus limitées surtout dans les zones plus sèches (< 700 mm/an). Dans ces situations, les paysans n'ont pas pu développer des systèmes de production durables et maintenir en place un élevage bovin important (> 30 Ubt/km²) producteur de fumure organique. Des facteurs exogènes ont contribué à limiter les capacités d'adaptation des paysans : sécheresses répétées, manque d'intrants et de marchés... Quel modèle de développement durable peut-on proposer à ce type d'agriculture ?

En l'absence de jachère, l'entretien du statut organique des sols cultivés nécessitent des apports de fumure organique ou de biomasse végétale (mulch d'herbacées ou d'émondes d'arbres, litière des parcs arborés...). Pour aboutir à cela l'élevage bovin doit être sauvegardé car il facilite la collecte et le

recyclage des produits cellulotiques, base d'une production de fumure organique de qualité. Le maintien d'une forte densité de bovins (environ 30 Ubt/km²) nécessite dans ces situations de revoir les systèmes fourragers actuels. Le développement des cultures fourragères annuelles (mucuna, dolique...) associées aux productions de base (céréales principalement) est envisageable dans les régions où la pluviométrie n'est pas un facteur limitant. Les jachères « pluriannuelles » à base de légumineuses et les parcs arborés demeurent deux propositions efficaces pour fournir un surplus fourrager et améliorer la fertilité du sol. Cela correspond à dynamiser les transferts de fertilité horizontaux grâce au bétail pâturant ces jachères et verticaux grâce aux techniques d'agroforesterie.

Une des contraintes majeures à la mise en place de ces jachères améliorées est le manque de terre cultivable. La mise en jachère de 10 %, voire 15 %, de la surface de l'exploitation agricole implique d'intensifier les systèmes de culture pour compenser cette baisse de surface. L'alternative est d'affecter des terres de parcours à ce type de production fourragère en demandant aux agro-éleveurs bénéficiaires de s'engager à y faire pâturer leur bétail durant une partie de la saison des pluies.

Par rapport à ce modèle (figure 9) trois préoccupations demeurent :

- une production durable de fourrage de légumineuses nécessite un apport d'engrais phosphaté qui devra être subventionné pour être accepté par les paysans. Il en est de même pour la clôture de ces jachères fourragères ;
- le maintien, voire le renforcement, de la fumure minérale des cultures de base est indispensable si l'on veut assurer un niveau de production satisfaisant, les besoins des populations et l'alimentation du bétail en saison sèche. ; dans la zone soudanienne, le maintien d'un système de crédit, pour l'acquisition d'engrais, garanti par une culture de vente (le coton mais peut-être demain l'anacardier) est indispensable ; la redynamisation des filières arachide, niébé et viande est plus difficile à mener dans les zones soudano-sahéliennes ;
- mais cette intensification concomitante des systèmes d'élevage et des systèmes de culture renforce la position des agro-éleveurs et marginalise encore plus les paysans sans bétail.

Si l'on se réfère aux bilans réalisés pour les terroirs étudiés (> 60 hab/km² et > à 20 Ubt/km²) prenant en compte l'utilisation des engrais minéraux et divers scénarios de valorisation de la biomasse végétale par le bétail, on constate que pour les situations dominées par l'agriculture, l'entretien de la fertilité des sols repose inévitablement sur une combinaison de techniques. Des acquis, concernant l'effet des plantes de couvertures, des jachères arborées plantées et des associations arbres/cultures sur la fertilité du sol, obtenus en station sont déjà disponibles. Mais un effort important de dialogue avec les producteurs est nécessaire pour adapter ces résultats à leurs capacités de production et à leur environnement socio-économique.

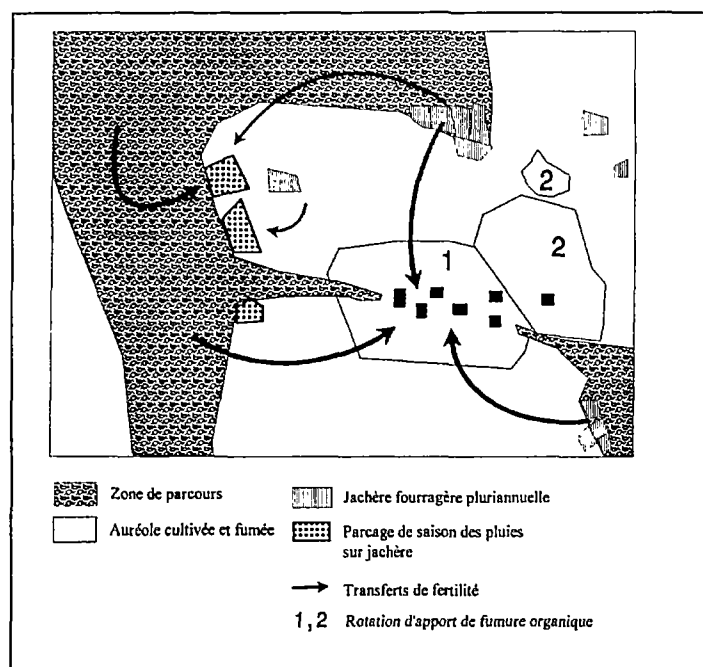


Figure 9. Evolution des transferts de fertilité après introduction de la jachère fourragère.

Conclusion

Des niveaux d'analyse complémentaires

Cette étude a permis de dégager les principaux mécanismes d'évolution de l'agriculture et de l'élevage en fonction de l'accroissement de population. Toutefois, il s'avère que le niveau d'analyse privilégié ici — le terroir villageois — n'est pas suffisant pour trois raisons principales. Le terroir villageois et les activités productives, qui s'y mènent, ne constituent pas un système fermé. En matière d'élevage, les échanges avec les terroirs périphériques et parfois plus lointains (cas de la transhumance) sont nombreux. Le terroir villageois est en fait constitué de plusieurs éléments ou sous-terroirs dont la gestion se différencie de plus en plus lorsque la pression foncière augmente avec l'apparition d'une auréole fumée autour des habitations, de zones de cultures de diversification dans les bas-fonds, etc. La gestion de la fertilité peut se décliner aussi selon les différents types d'exploitations agricoles (avec ou sans élevage) et même entre les différentes parcelles d'une exploitation.

L'analyse des transferts de fertilité et l'élaboration de solutions appropriables par les producteurs nécessitent donc de combiner les approches à différentes échelles.

Des marges de progrès et des alternatives techniques complémentaires

Sauf dans les zones peu peuplées où le ratio Ubt/ha cultivé peut être élevé (supérieur à 3), il n'est pas envisageable de gérer la fertilité des sols en recourant uniquement à la fumure organique d'origine animale. Mais dans ce domaine des marges de progrès importantes sont envisageables si l'on organise des appuis pour l'équipement des exploitations en matériel de transport. Dans les zones cotonnières du Cameroun, la fumure organique (d'origine animale et végétale) pourrait entretenir le statut organique du sol sur 20 % à 35 % des surfaces en culture continue. L'augmentation de la production de fumure organique et donc des surfaces fumées passe par plusieurs étapes : utilisation de toute la poudrette disponible, recyclage des résidus de culture et enfin augmentation des effectifs de bovins. Ce dernier point implique de revoir en profondeur les systèmes fourragers mis en œuvre par les éleveurs et les agro-éleveurs.

L'utilisation des engrais minéraux (en particulier phosphorés) est incontournable. Cela nécessite de mettre en place des filières d'approvisionnement en intrants et des systèmes de crédit/assurance performants.

Outre la fertilisation des cultures, d'autres pratiques doivent être promues : le contrôle du ruissellement et de l'érosion, la réduction de la pression des adventices, les couvertures du sol par un mulch de résidus ou de plantes de couverture et surtout le renforcement des transferts verticaux de fertilité dus aux arbres dans les champs. La mise en œuvre de cet ensemble de pratiques nécessite une bonne coordination entre les différents groupes de producteurs (paysan, éleveur...) dans le temps et dans l'espace.

Proposer des voies d'amélioration mais surtout faciliter leur adoption

Ainsi la mise en œuvre de ces voies d'amélioration nécessite plusieurs préalables :

- en premier lieu, une réglementation foncière garantissant aux paysans et à leurs descendants le bénéfice des fruits de leurs investissements ;
- un consensus entre les différents groupes de producteurs au sein des terroirs et des petites régions sur des règles simples de circulation du bétail, de contrôle des feux de brousse, de prélèvement des ressources collectives (le bois, la vaine pâture, la biomasse des parcours...) ;
- une politique de subvention et de crédit pour du matériel, des semences, des clôtures...

La mise en œuvre des diverses voies d'amélioration de la gestion des terres ne sera effective que si les producteurs en retirent des bénéfices à court et moyen terme. Le surplus de travail qu'elles entraînent doit être compatible avec le calendrier agricole, déjà bien chargé même en saison sèche.

Pour rentabiliser leurs investissements monétaires et en travail, les paysans doivent accroître leur productivité et trouver les marchés correspondants à ces surplus de production. L'émergence de systèmes fourragers intensifiés dépendra en grande partie des prix des produits animaux (lait, viande d'embouche,

animaux sur pieds) sur les marchés. Le Nord-Cameroun du fait de son enclavement dispose de peu d'atouts dans ce domaine.

Des pas de temps différents

Les notions de gestion de la fertilité et de durabilité des systèmes de production ne peuvent pas être abordées sans se référer à une échelle de temps. L'activité agricole en zone de savane est organisée par rapport à l'alternance de la saison sèche et de la saison des pluies. Mais la gestion d'un troupeau ou d'une plantation d'arbres se raisonne à plus long terme. Il en est de même pour la gestion de la fertilité des terres. La fertilité d'un espace agraire se construit au fil des années et peut s'observer dans les paysages agraires : végétation plus florissante dans les zones fumées régulièrement, lignes d'épineux bordant les pistes à bétail, parcs arborés, cordons pierreux, clôtures...

Les méthodes d'analyse et nos travaux de terrain réalisés durant deux années successives ont en fait, peu pris en compte ces pas de temps différents, notion qui pourrait être intégrée dans des modèles plus complexes à venir. Les pratiques des paysans et des éleveurs vont entraîner au fil des années des phénomènes cumulatifs dont les conséquences peuvent être positives ou négatives pour la durabilité des systèmes de production : accumulation de matière organique dans certaines parcelles et exportations de toute la production (récolte principale et sous-produits) dans d'autres, enrichissement des sols en semences de *Striga hermontica*, exportations ou apports d'éléments du sol par l'érosion hydrique... L'intervention à moyen terme (5 ans au minimum) et le retour sur des terrains étudiés dans le passé sont indispensables à l'agronome s'il veut analyser avec précision ces problèmes de gestion de la fertilité du milieu et surtout apporter un appui efficace aux producteurs et aux collectivités rurales dans ce domaine.

Bibliographie

ADAMOU D., 1990. Etudes des systèmes de culture en milieu « éleveurs » : cas du territoire de Banh. Mémoire DIAT. Montpellier, France, CNEARC, 107 p.

ANGÉ A., 1991. La fertilité des sols et les stratégies paysannes de mise en valeur des ressources naturelles. Le mil dans les systèmes de cultures du sud du bassin arachidier sénégalais. In : Savanes d'Afrique, terres fertiles ? Paris, France, éd. Focal Coop, Ministère de la Coopération et du Développement, p. 89-122.

BERGERM, BELEM P.-C., DAKOUA D., HIEN V., 1987. Le maintien de la fertilité des sols dans l'ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. Coton et fibres tropicales, 42 (3) : 201-207.

BERGER M., 1996. L'amélioration de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne. 8 fiches techniques. Agriculture et Développement numéro hors série.

BOSMA R., BENGALY K., TRAORÉ M., ROELEVELD A., 1992. L'élevage en voie d'intensification. Synthèse de la recherche sur les ruminants dans les exploitations agricoles mixtes au Mali-Sud. KIT, IER, collection systèmes de production rurale au Mali, volume 3, 202 p.

BOSMA R., KAMARA A., SANOGO B., 1993. Parcs améliorés. Expérience du DRSPR/Sikasso et faisabilité au Mali-Sud. Mali, IER, 23 p.

BOSMA R., BENGALY M., DEFOER T., 1995. Pour un système durable de production au Mali-Sud : accroître le rôle des ruminants dans le maintien de la matière organique des sols. In Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-saharan Africa. Addis Abeba, Ethiopie, 22-26 novembre, ILLCA, 1993.

BOUTRAIS J., 1995. Hautes terres d'élevage au Cameroun. Paris, France, ORSTOM, Collection Etudes et thèses, 2 vol.

BREMAN H., DE RIDDER N., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. Paris, France, éd. Karthala ACCT, CTA, 485 p.

CHABALIER P., 1976. Comparaison de deux méthodes de mesure de la lixiviation en sol ferrallitique. L'Agronomie Tropicale, 39 (1) : 22-31.

- DUGUÉ P., 1985. L'utilisation des résidus de récolte dans un système agro-pastoral sahélo-soudanien au Yatenga (Burkina Faso). *Cahiers de la Recherche Développement* 7 : 28-37.
- DUGUÉ P., 1995 a. Amélioration de la production et de l'utilisation de la fumure organique animale en zone cotonnière au Nord-Cameroun. *Agricultural Systems in Africa*, 5, (2) : 5-19.
- DUGUÉ P., 1995 b. Utilisation des légumineuses en vue d'améliorer les productions vivrières et fourragères et d'entretenir la fertilité des sols. IRAD, projet Garoua. 63 p.
- DUGUÉ P., 1996. Le recyclage des résidus de récolte en vue d'accroître l'utilisation de la fumure organique. Le cas du Sine Saloum (Sénégal). Montpellier, France, Document CIRAD-Sar n° 96/96., 28 p.
- DUGUÉ P., LE GAL P.-Y., LELANDIS B., PICARD J., PIRAUX M., 1997. Modalités d'intégration de l'agriculture et de l'élevage et impact sur la gestion de la fertilité en zone soudano-sahélienne. Communication présentée au séminaire « gestion de la fertilité des sols dans les systèmes d'exploitation d'Afrique de l'Ouest ». Niamey 4-8 mars 1997.
- DUGUÉ P., 1998 a.. Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle des terroirs. Etude de cas au Nord-Cameroun et essai de généralisation aux zones de savane. Montpellier, France, Doc. CIRAD-Tera n° 29/98. 68 p.
- DUGUÉ P., 1998 b. Les transferts de fertilité dus à l'élevage en zone de savane. *Agriculture et développement*, 18 : 99-107.
- DUGUÉ P., 1999. Utilisation de la biomasse végétale et de la fumure animale : impacts sur l'évolution de la fertilité des terres en zones de savanes. Etude de cas au Nord-Cameroun et essai de généralisation. Montpellier, France, Doc.CIRAD-Tera, n° 57/99.
- DUGUÉ P., OLINA J.P, 1999. Utilisation des légumineuses pour l'amélioration des jachères de courte durée et la production du fourrage au Cameroun septentrional. Communication au séminaire international « la jachère en Afrique tropicale », Dakar, Sénégal, 13 - 16 avril 1999.
- FALL A., FAYE A., 1992. Les étables fumières : une voie pour l'intensification de l'élevage bovin trypanotolérant au sud du Sénégal. Sénégal, Kolda, ISRA.
- GANRY F., 1991. Valorisation des résidus organiques à la ferme et maintien de la fertilité du sol. Un itinéraire technique progressif appliqué à la culture du maïs au Sud-Sénégal. *In Savanes d'Afrique, terres fertiles ?* Paris, France, éd. Focal Coop, Ministère de la Coopération et du Développement, p 317-331.
- GARIN P., FAYE A., LERICOLLAIS A., SISOCKHO M., 1990. Evolution du rôle du bétail dans la gestion de la fertilité des terroirs sereer au Sénégal. *Cahiers de la recherche-développement* 26 : 65-84.
- GIGOU J., 1982. Dynamique de l'azote minéral en sol nu ou cultivé de région tropicale sèche du Nord-Cameroun. Thèse de docteur-ingénieur. Montpellier, France, Université des sciences et techniques du Languedoc, 130 p.
- GIRAUDY F., 1993. La culture du coton et l'utilisation des intrants sur les céréales dans la zone Mali-Sud. Bamako, Mali, Cellule suivi-évaluation CMDT, 18 p.
- HAMON R., 1972. L'habitat des animaux et la production d'un fumier de qualité en zone tropicale sèche. *L'agronomie tropicale* XXVII (5) : 592-607.
- HOEFSLOOT H., VAN DER POL F., ROELEVELD L., 1993. Jachères améliorées. Options pour le développement de production en Afrique de l'Ouest. Amsterdam, Pays-Bas, KIT, développement agricole, Bulletin 333, 85 p.
- LANDAIS E., LHOSTE P., GUERIN H., 1991. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité. *In Savanes d'Afrique, terres fertiles ?* Paris, France, éd. Focal Coop, Ministère de la Coopération et du Développement, p 219-270.
- LHOSTE P., 1987. L'association agriculture-élevage. Evolution du système agro-pastoral au Sine Saloum (Sénégal). Maisons-Alfort, France, Etudes et synthèses de l'IEMVT n° 21.
- PELISSIER P., 1996. Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance. Saint Yrieix : Imprimerie Fabrègue, 940 p.

- PICARD J., 1996. Rapport d'avancement de thèse. Relations agriculture élevage et gestion de l'espace dans deux terroirs du Nord-Cameroun. Montpellier, France, CIRAD-Sar. 22 p.
- PICARD J., 1999. Espaces et pratiques paysannes. Les relations élevage-agriculture dans les deux terroirs cotonniers du Nord-Cameroun. Thèse de géographie. France, Université Paris X, 539 p.
- POL (Van der) F., 1991. L'épuisement des terres, une source de revenus pour les paysans du Mali-Sud. *In Savanes d'Afrique, terres fertiles ?* Paris, France, éd. Focal Coop, Ministère de la Coopération et du Développement, p 403-418.
- REISS D., PICARD J., DJOUMESSI M., MOUSSA C., KENIKOU C., ONANA J., 1997. Trois situations d'usage des ressources pastorales en zone soudano-sahélienne. *In Agricultures des savanes du Nord-Cameroun*. Montpellier, France, Collection colloques du CIRAD, p. 211-225.
- RIDDER N. De, KEULEN H. Van, 1990. Some aspects of the role of organic matter in sustainable intensified arable farming systems in the West-African semi-arid tropics. *Fertilizer research*, 26 : 299-310.
- SEDOGO M.P., 1981. Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). Thèse Docteur Ingénieur INPL, Nancy, 198 p.
- TERSIGUEL P., 1995. Le pari du tracteur. La modernisation de l'agriculture cotonnière au Burkina-Faso. Collection à travers champs. Paris, France, ORSTOM, 280 p.
- WETSELAAR R., JAKOBSEN P., CHAPLIN G.R., 1973. Nitrogen balance in crop systems in tropical Australia. *Soil biology biochemistry*, 5 : 35-40.

Espaces et pratiques paysannes

Les relations élevage-agriculture dans deux terroirs cotonniers du Nord-Cameroun

J. PICARD

6 rue de Montagny, 95420 St Gervais, France

Résumé. *Espaces et pratiques paysannes. Les relations élevage-agriculture dans deux terroirs cotonniers du Nord-Cameroun.* Cet article expose quelques résultats de la thèse de géographie soutenue par l'auteur et intitulée : « Espaces et pratiques paysannes. Les relations élevage-agriculture dans deux terroirs cotonniers du Nord Cameroun. Trois aspects des relations élevage-agriculture ou agriculture-élevage de première importance pour le développement rural sont analysés de manière comparative dans deux terroirs cotonniers du Nord-Cameroun : l'alimentation du bétail, la traction animale et l'utilisation de la fumure organique. Les trois aspects renvoient à des pratiques agropastorales. D'un point de vue méthodologique, les relations sont étudiées par le biais de plusieurs flux qui traversent l'espace villageois et qui mettent en connexion l'élevage et l'agriculture : flux d'animaux, flux de résidus de récolte stockés, flux d'attelage et flux de matière organique. Flux et espaces concernés par les pratiques agropastorales font l'objet d'une cartographie. On aboutit, d'une manière progressive, à une modélisation graphique montrant la gestion de l'espace agropastoral annuel mise en place par chaque catégorie d'agro-éleveurs. Cette modélisation est prolongée par des propositions d'amélioration de la circulation des ressources dans les terroirs et des scénarios d'évolution des activités d'agro-élevage dans chaque terroir.

Introduction

L'élevage et l'agriculture sont les secteurs d'activité dominants dans la plupart des terroirs du Nord-Cameroun (Roupsard, 1987 ; Dugué et al., 1994). Selon les agronomes, l'association de l'élevage avec l'agriculture constitue un atout pour le développement rural (Cirad 1985 et 1986 ; Deveze 1988 ; Landais et al., 1990). L'agriculture peut appuyer l'élevage dans le sens où les résidus de récolte permettent de nourrir le bétail en saison sèche. Inversement, l'élevage procure des animaux de trait pour la culture attelée ainsi que de la fumure organique pour fertiliser les cultures (figure 1). Une synergie entre les trois aspects des relations élevage-agriculture (alimentation du bétail, traction animale, utilisation de la matière organique) peut entraîner l'accroissement du cheptel et par conséquent un meilleur entretien de la fertilité des sols. Ces trois aspects des relations élevage-agriculture, fondamentaux dans le Nord-Cameroun, que l'on peut localiser dans l'espace, ont donc été volontairement sélectionnés dans cette étude.

Les relations élevage-agriculture sont étudiées finement dans deux terroirs cotonniers relativement contrastés (figure 2). Le premier, Héri, est un terroir¹ ancien, proche de Guider, avec une dynamique d'occupation du sol à peu près stabilisée, où le pouvoir traditionnel reste fort (Meny, 1996). Le second, Ourolabo 3, est un terroir récent de paysans migrants, situé à 50 km au sud de Garoua, dans la région de Lagdo, qui évolue rapidement, avec une relative absence du pouvoir coutumier. La densité humaine s'élève à 80 hab/km² à Ourolabo 3 et à 110 hab/km² à Héri. Dans ces deux sites, l'élevage bovin est majoritairement représenté par des animaux de trait et de petits noyaux d'élevage (< 5 bovins) intégrés aux exploitations. De plus, le terroir d'Ourolabo 3 enregistre une arrivée massive de grands troupeaux m'bororos transhumants en début de saison sèche. A Héri, on rencontre encore plusieurs troupeaux d'élevage de quelques dizaines de têtes appartenant aux éleveurs peuls.

Le niveau d'étude de l'exploitation agricole a été favorisé dans cette recherche. Ce choix s'explique en partie par la collaboration avec une équipe d'agronomes du Cirad pour laquelle, c'est à ce niveau, généralement, que se prennent les décisions. Ce travail montre comment chaque catégorie de propriétaires de bovins gère ou utilise un espace agro-pastoral où s'imbriquent les activités d'élevage et d'agriculture. Les deux terroirs soudanais sont marqués à des degrés divers par une disparition progressive des espaces pastoraux de brousses et des jachères au profit des espaces cultivés utilisés par une population croissante (Lelandais, 1993 ; Kam, 1994 ; Amoudou, 1994).

Quelles sont donc les règles individuelles et collectives d'exploitation de ces espaces agropastoraux ? Quelle catégorie d'agro-éleveurs s'adapte le mieux à la progression des espaces cultivés ? Quel est l'avenir des différentes formes d'agro-élevage ? Ces questions sont abordées sous l'angle des pratiques d'alimentation des bovins sur parcours naturels et vaine pâture. En effet, l'accroissement du cheptel implique une meilleure valorisation (ou production) des ressources fourragères à l'échelle du terroir.

Cette communication présente la méthodologie de recherche employée ainsi que certains résultats obtenus au cours d'un travail de thèse. Ensuite, sont exposées les propositions concrètes pour le développement rural et des scénarios d'évolution concernant le « fonctionnement » des terroirs. Puis, sont rapportés des faits observés dans ces terroirs en mai 1999, deux ans après la fin des enquêtes de terrain. Enfin, la conclusion examine les apports de ce travail pour des actions de recherche-développement dans d'autres terroirs.

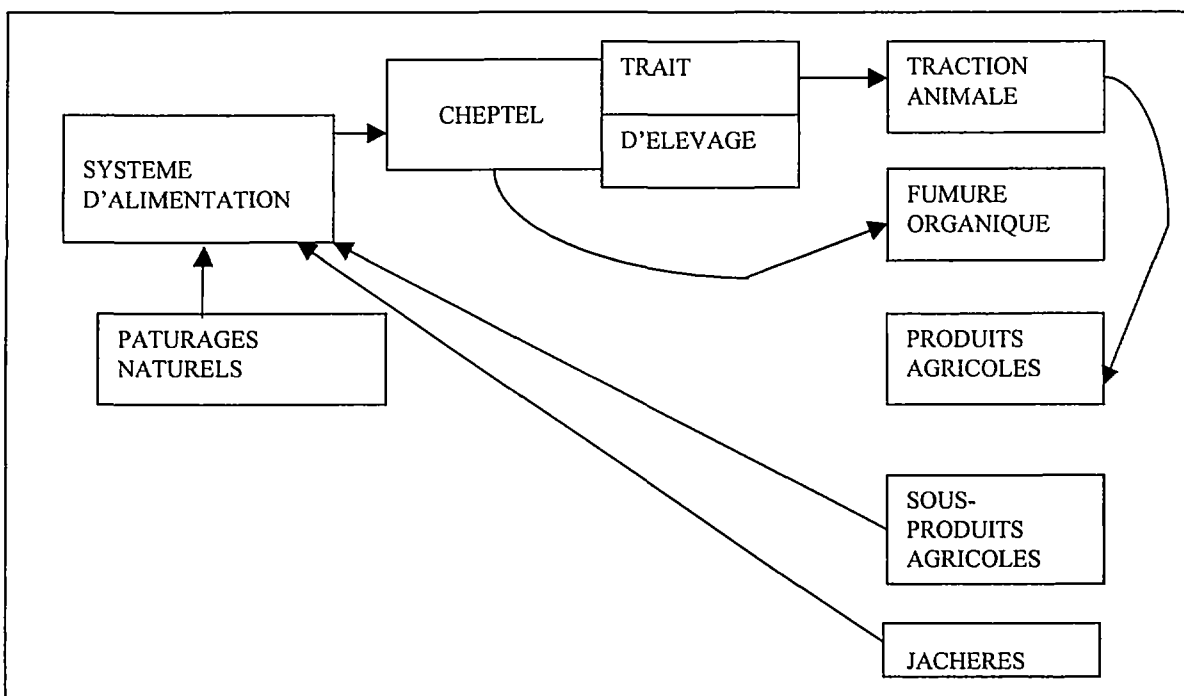


Figure 1. Relations agriculture-élevage en zone cotonnière.

1. Le terroir est une étendue de terrain utilisée par une communauté rurale. Le sens est différent de celui de territoire qui renvoie à une étendue de terrain qu'une communauté s'approprie (George, 1990).

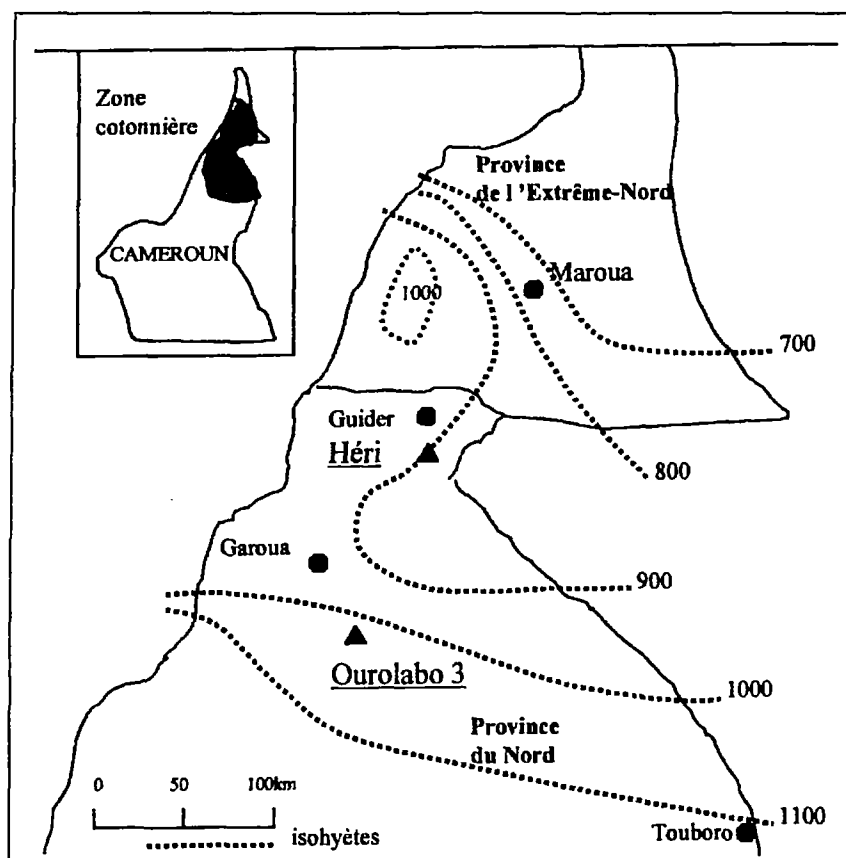


Figure 2. Localisation des terroirs d'étude.

Méthodologie illustrée par quelques résultats

Les suivis et les enquêtes

La méthodologie employée est liée à la problématique de l'Atp du Cirad dans laquelle s'intégrait ce travail de thèse. L'Atp, pluridisciplinaire, avait pour but de qualifier et de quantifier les transferts de fertilité entre les zones sylvo-pastorales et les zones agricoles et les transferts à l'intérieur des zones agricoles dans les terroirs du Nord-Cameroun.

Les relations élevage-agriculture sont étudiées en prenant en compte des flux dans l'espace agro-pastoral du terroir (Landais, 1993). Les quatre types de flux étudiés renseignent sur les pratiques agropastorales et l'espace particulier dans lequel ces pratiques se déroulent au cours de l'année. Il s'agit des :

- flux d'animaux ou de troupeaux bovins qui mettent en évidence l'espace pâturé par le bétail et les itinéraires suivis ;
- flux d'attelage qui montrent l'espace travaillé avec la charrue ;
- flux de résidus de récolte ramassés sur des parcelles et stockés par les agro-éleveurs ;
- flux de matière organique qui nous renseignent sur la localisation des parcelles fumées avec les fèces des bovins.

Les flux ont été étudiés sur le terrain pendant 15 mois, de juillet 1995 à septembre 1996, cartographiés sur des cartes de terroirs au 1/5 000 et quantifiés dans la mesure du possible. L'alimentation du bétail étant un paramètre fondamental pour la pérennité de l'élevage dans un terroir, les flux d'animaux ont été analysés de manière approfondie. Ils ont été mis en évidence à partir de 350 suivis de troupeaux dont la fréquence était mensuelle en pleine saison sèche et en pleine saison pluvieuse, période où les itinéraires

des troupeaux varient peu pendant le mois. Les suivis ont été bimensuels dans les périodes de transition entre la saison sèche et la saison des pluies, périodes de l'année où les troupeaux changent rapidement d'itinéraires en raison de la rapidité d'ouverture ou de clôture des espaces cultivés pour le bétail. Les données recueillies pendant les suivis de troupeaux ont fait l'objet d'une exploitation statistique permettant, entre autres, de connaître les différents temps passés sur les pâturages pour chaque catégorie de troupeaux (tableau I).

Les flux d'animaux ont fait l'objet de suivis pendant toute l'année du fait des sorties quotidiennes, par contre, les autres flux (attelage, fumure organique, résidus de récolte stockés), moins réguliers, ont fait l'objet de suivis spécifiques. Les suivis d'attelage sur le terrain ont été mensuels, le suivi différé mis en place a consisté à enquêter l'agro-éleveur tous les trois jours à son domicile en période de travail agricole en culture attelée (labour, sarclage, buttage). Le transport attelé est presque inexistant dans ces deux villages. Les suivis d'épandage de la matière organique et de stockage des résidus ont été réalisés à partir d'enquêtes et de mesures sur le terrain et à domicile.

L'étude s'intéressant essentiellement à l'exploitation agricole, une première étape a consisté à dresser une typologie des agro-éleveurs des deux terroirs (tableau II). Au total, 20 exploitations, toutes classes confondues, ont été suivies dans les deux terroirs. Pour chaque type d'agro-éleveurs, différents par leur système d'élevage (effectif bovin, conduite, objectifs), des suivis de troupeaux, d'attelage, d'épandage de la matière organique et de stockage des résidus ont été réalisés qui correspondent à des flux.

L'hypothèse centrale de l'étude était que chaque catégorie de propriétaire de bétail gérait ces flux selon ses propres « règles ». La typologie de travail a été remaniée au fur et à mesure du traitement des données. Au terme de l'analyse, des regroupements entre types ont été effectués compte tenu des similitudes apparues dans la gestion de l'espace (par exemple, le type 2 et le type 3). Les seuils concernant le nombre de têtes de bétail au-delà duquel la gestion de l'espace se modifie ont été affinés (par exemple, le nombre de 5 zébus est plus significatif que le nombre 10 proposé au début).

Tableau I. Variations saisonnières des temps de pâture et de sortie d'un troupeau d'agro-éleveur à Héri et régimes alimentaires selon les périodes de l'année.

Période	1 ^{er} juillet au 20 oct.	20 oct. au 15 nov.	15 nov.au 1 ^{er} déc.	1 ^{er} au 20 déc.	20 déc. au 1 ^{er} avril	1 ^{er} avril au 20 mai	20 mai au 1 ^{er} juillet
TP en h/jour	6 h 27	8 h 10	6 h	6 h 54	7 h 19	8 h 50	8 h 30
TS en h/jour	9 h 30	9 h 30	10 h 45	9 h 20	11 h 24	12 h	10 h
TP/TS	0,68	0,86	0,53	0,73	0,66	0,74	0,83
Régime alimentaire évalué par le % du temps de pâture							
Brousses exondées	100	92	100	0	1	41	67
Jachères	0	8	0	0	0	33	0
Zones inondables	0	0	0	0	0	0	0
Résidus de récolte et adventices	0	0	0	100	99	23	0
Adventices seules	0	0	0	0	0	3	0
Branches émondées	0	0	0	0	0	0	33

TP : temps de pâture moyen journalier ; TS : temps de sortie du troupeau moyen journalier.

Tableau II. Typologie des chefs de saaré * propriétaires de bovins.

Type	Héri		Ourolabo	
	Nombre	%	Nombre	%
1. Agro-pasteur dont l'activité principale est l'élevage possédant plus de 10 bovins d'élevage et de trait **	1	1,5 %	1	2,6 %
2. Agro-éleveurs avec double activité (élevage et agriculture) possédant au moins 10 bovins (trait + élevage)				
- 2 a. Agriculteurs-éleveurs				
- 2 b. Éleveurs-agriculteurs	5	8 %	2	5,2 %
	3	4,5 %	0	
3. Agro-éleveurs possédant des boeufs de trait et moins de 10 bovins d'élevage	19	29,7 %	13	34,2 %
4. Agriculteurs possédant uniquement des bovins de trait	36	56,3%	22	58 %
Propriétaires de bovins, total	64	100 %	38	100
Chefs de saare, Total	270		140	

Source : recensement de décembre 1995.

* un saare correspond à une unité de résidence qui regroupe le plus souvent un homme, sa ou ses femmes, leurs enfants et parfois des dépendants, on l'assimile à une exploitation agricole.

** Pour Ourolabo, ne sont pas comptabilisés les éleveurs transhumants ou résidents à la périphérie des terroirs .

Modélisation graphique

La gestion de l'espace agropastoral annuel de chaque catégorie d'agro-éleveurs a été modélisée de façon graphique en opérant selon les étapes suivantes :

- une représentation séparée des différents flux sur fonds cartographiques des terroirs au 1/5 000 avec descriptif et analyse des pratiques ;
- une première modélisation graphique matérialisant toutes les catégories de flux et les espaces concernés sur des cartes de terroirs synthétiques ;
- une deuxième modélisation figurant tous les espaces agro-pastoraux annuels sur un seul graphique.

Première étape : la représentation des flux sur un fond cartographique des terroirs

Les flux journaliers d'animaux appartenant au type 1, catégorie d'agro-pasteurs de Ouro Labo 3, sont représentés ici à titre d'illustration. Le type 1 n'est pas dominant dans les villages, mais la procédure de transcription cartographique est identique pour tous les types. Il s'agit d'une part, d'un itinéraire de pleine saison des pluies (figure 3) et d'autre part, d'un itinéraire en début de saison sèche (figure 4). Entre ces deux itinéraires extrêmes existent plusieurs variations. En saison des pluies, ce troupeau mbororo villageois, d'une vingtaine de têtes, part de l'enclos et exploite les brousses à la périphérie du terroir cultivé (en grisé), en remontant des pistes larges après un abreuvement dans la rivière permanente du terroir. Le troupeau est suivi sur le terrain pendant toute la journée et l'itinéraire est porté sur la carte-parcellaire en cours de journée. Les pratiques du berger sont décrites précisément du matin jusqu'au soir sur une fiche. En saison sèche, le même troupeau valorise les résidus de récolte dans les champs de maïs du propriétaire et ou d'autres appartenant à l'ethnie Guiziga autour des habitations (figure 4). Le levé parcellaire, entièrement numérisé et associé à une base de données (qui intègre, entre autres, les noms des propriétaires des parcelles), montre toute son utilité dans ce travail.

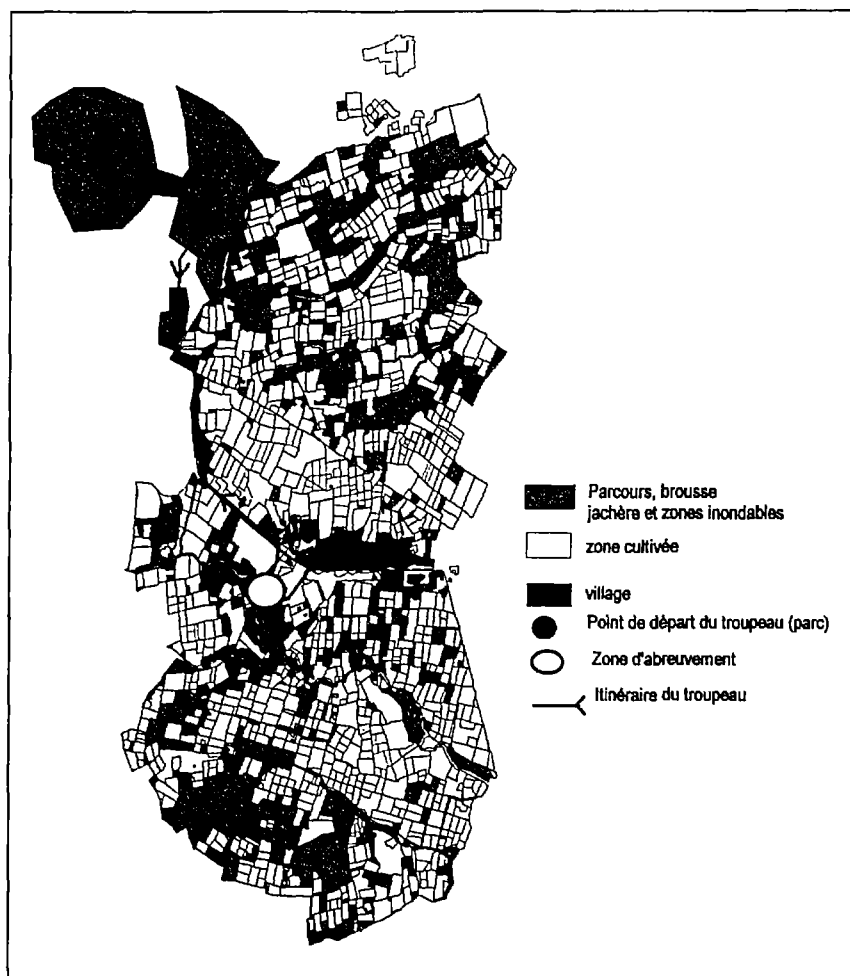


Figure 3. Itinéraire du 5 août 1996 à Ourolabo 3, troupeau type 1.

On peut évoquer, ici, deux règles communautaires importantes :

- les brousses et jachères sont en accès libre en saison des pluies sans règles de gestion collective apparente ; on parle de stratégie d'évitement : chaque troupeau ou regroupement de troupeaux (pour les petits noyaux d'élevage) exploite une zone du terroir ;
- en début de saison sèche et de vaine pâture, le troupeau exploite en premier lieu les parcelles récoltées du propriétaire : c'est une forme d'appropriation individuelle des résidus de récolte ; il n'existe donc pas de divagation du bétail bovin¹ dans le terroir et ce, pendant toute l'année.

Les itinéraires semblables de troupeaux appartenant à un même type représentent « une période de pâture ». Une période de pâture correspond à des pratiques particulières et à un secteur particulier que le troupeau exploite à l'intérieur du terroir agropastoral. Il peut exister jusqu'à 7 ou 8 périodes dans l'année pour chaque type. Par exemple, l'espace de pâture des troupeaux de type 1, en période 1 (du 1^{er} juin au 15 novembre) concerne des brousses et des jachères localisées en périphérie du terroir cultivé.

Un même type de relevé est réalisé pour les autres flux (attelage, fumure...) : report de l'itinéraire sur un plan parcellaire et analyse des pratiques. L'analyse des flux d'attelage, quel que soit le type d'agro-éleveurs ou le village n'a pas permis de mettre en évidence une relation entre « espace » (localisation de la parcelle) et les pratiques de culture attelée. La décision de labourer une parcelle, par exemple, dépend avant tout du type de culture que l'on va y semer et du type d'usufruitier. Les parcelles du chef d'exploitation sont prioritaires.

1. Ce qui n'est pas le cas des petits ruminants et des porcs en saison sèche qui limitent fortement les actions d'aménagement dans un rayon de 0,5 à 1 km autour du village.

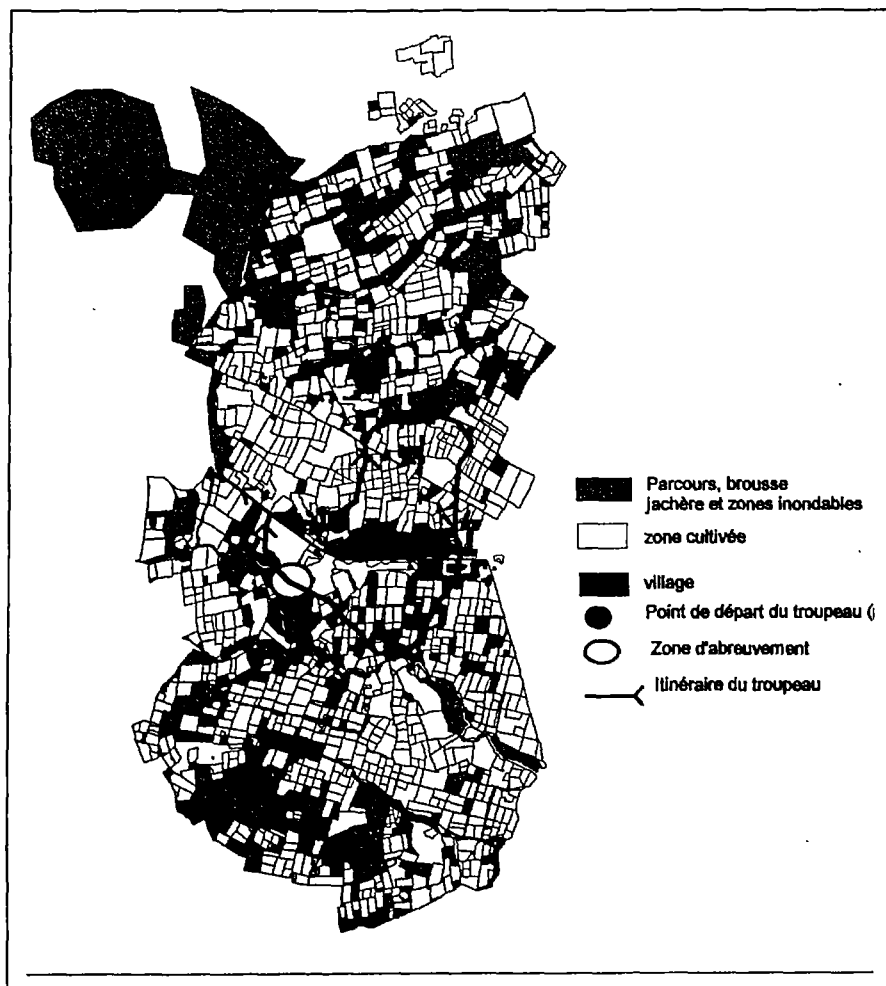


Figure 4. Itinéraire du 5 décembre 1995 à Ourolabo 3, troupeau type 1.

Les flux de fumure organique animale sont classiques pour la zone soudanienne. Les rares éleveurs possédant plus de 20 bovins pratiquent encore le parcase de saison sèche près du village. Le parcase de saison des pluies a quasiment disparu (Dugué, 1999). Les agro-éleveurs du type 3 ou 4 collectent et transportent la fumure bovine dans des bassines jusqu'à leurs parcelles souvent proches de l'enclos. Le maïs est souvent fumé mais, à Héri, la fertilisation organique du cotonnier se développe. L'intensité des flux de fumure animale varie d'une exploitation à l'autre : certaines apportent la fumure uniquement sur le champ de case en abandonnant souvent une partie de cette fumure dans les enclos, d'autres commencent à transporter la poudrette de bovin, mais également, de petits ruminants dans d'autres parcelles avec les moyens du bord (cuvette, brouette, cuvette...) et sur des distances toujours inférieures à 1 000 m.

Deuxième étape : le premier niveau de modélisation graphique

Cette étape consiste à représenter ensemble toutes les catégories de flux simultanés partant de l'enclos sur des cartes de terroirs synthétiques (figures 5 et 6). L'année est découpée en phases correspondant à des portions d'espaces exploités (en grisé). L'organisation spatiale du territoire est ainsi mise en évidence.

L'organisation du territoire est mononucléaire à Ouro Labo 3 et polynucléaire à Héri. L'habitat est groupé à Ouro Labo 3. Il est composé de cinq quartiers bien individualisés correspondant à cinq auréoles de champs cultivés à Héri. Par contre, il n'y a qu'une seule grande auréole cultivée à Ouro Labo 3. Ces structures différentes déterminent le cheminement des flux dans le terroir. Par exemple, les flux d'attelage sont souvent plus courts à Héri car les paysans cultivent des parcelles localisées immédiatement autour des habitations.

Dans les deux terroirs, en pleine saison pluvieuse (juin à septembre), deux catégories de flux partent de l'enclos chez le type 1 : flux d'animaux (constitués par les zébus d'élevage rejoints en fin de matinée par les zébus de trait) et flux d'attelage. Les flux d'animaux se dirigent vers des espaces situés au-delà de l'auréole des champs cultivés alors que les attelages mettent en valeur les parcelles du propriétaire, relativement proches des enclos.

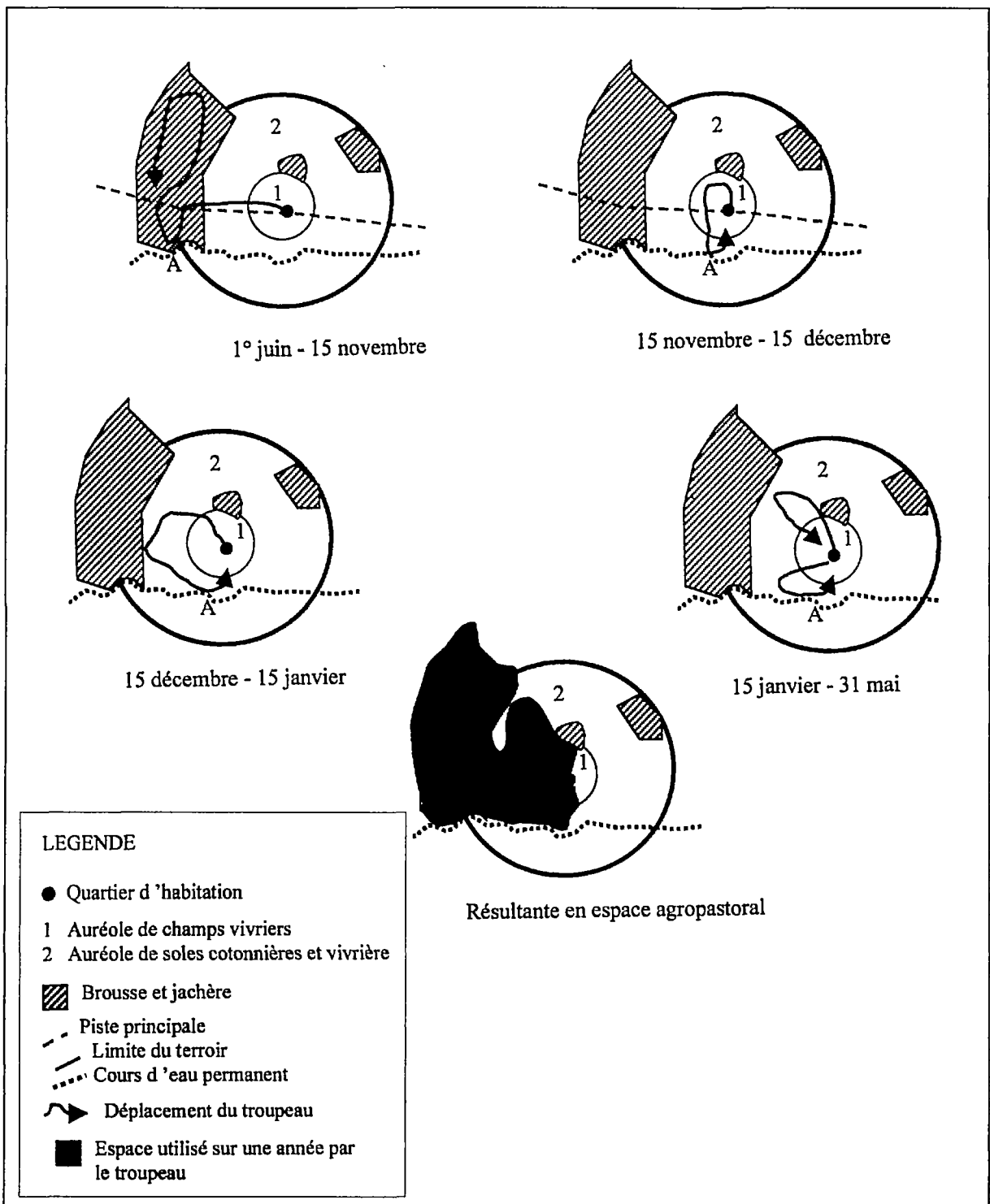


Figure 5. Carte modèle de l'espace agro-pastoral du type 1 à Ourolabo 3.

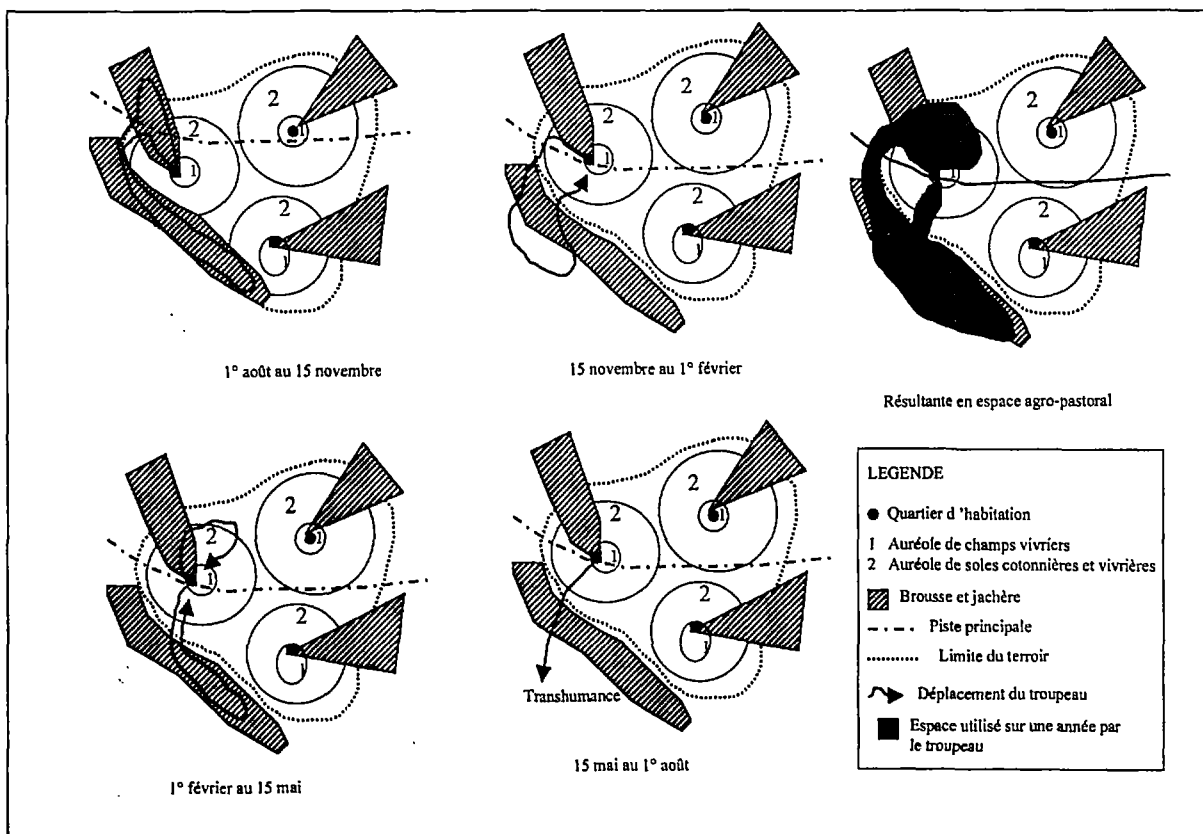


Figure 6. Carte modèle de l'espace agro-pastoral du type 1 (éleveur) à Héri.

Troisième étape : les espaces agro-pastoraux

Dans ce dernier stade de modélisation graphique, les espaces agropastoraux annuels sont représentés sur un seul graphique (figure 7). Il s'agit de représentations chorématiques. Dans le cas des agropasteurs (type 1), la portion d'aire agropastorale la plus utilisée à Oroulabo 3 se trouve en périphérie du territoire villageois et sur une ligne médiane comprise entre l'enclos et la rivière. Le troupeau peul, dont l'effectif est relativement important, doit évoluer en périphérie du terroir. L'exploitation plus intense de l'aire agropastorale se fait en fonction de la présence des champs du propriétaire, travaillés mécaniquement en saison des pluies et valorisés par le bétail en saison sèche, et du cours d'eau pérenne où les troupeaux s'abreuvent et à proximité duquel ils peuvent pâturer.

On retrouve à peu près le même schéma à Héri : utilisation soutenue d'une aire agro-pastorale située au-delà du territoire villageois et d'une autre autour des habitations du quartier peul (travaux mécanisés et vaine pâture des résidus de récolte, dépôt de fumure en saison sèche). Mais l'aire est circonscrite au quartier et n'empiète pas sur les autres quartiers du territoire villageois. Il est manifeste que les Peuls des deux terroirs, en particulier à Héri, ne cherchent pas à mettre en valeur une vaste aire agro-pastorale à l'intérieur de leur territoire d'attache. L'explication est liée aux problèmes de circulation du bétail dans cet espace en saison des pluies, mais peut-être, aussi, à la volonté de se démarquer des non-Peuls et de ne pas côtoyer leurs troupeaux.

Cette représentation est très différente de l'espace agropastoral des cultivateurs propriétaires d'une paire de zébus de trait avec berger (type 4) (figure 7). Ici, l'intérieur du terroir cultivé est intensément exploité car ces troupeaux n'ont pas de problème de circulation. Cette catégorie d'agro-élevage semble bien la plus adaptée à ces terroirs très cultivés. L'alimentation des animaux est facilement réalisée. Néanmoins, la production de fumure organique reste modeste : 2 t/an alors que 5 t sont nécessaires pour fumer un hectare.

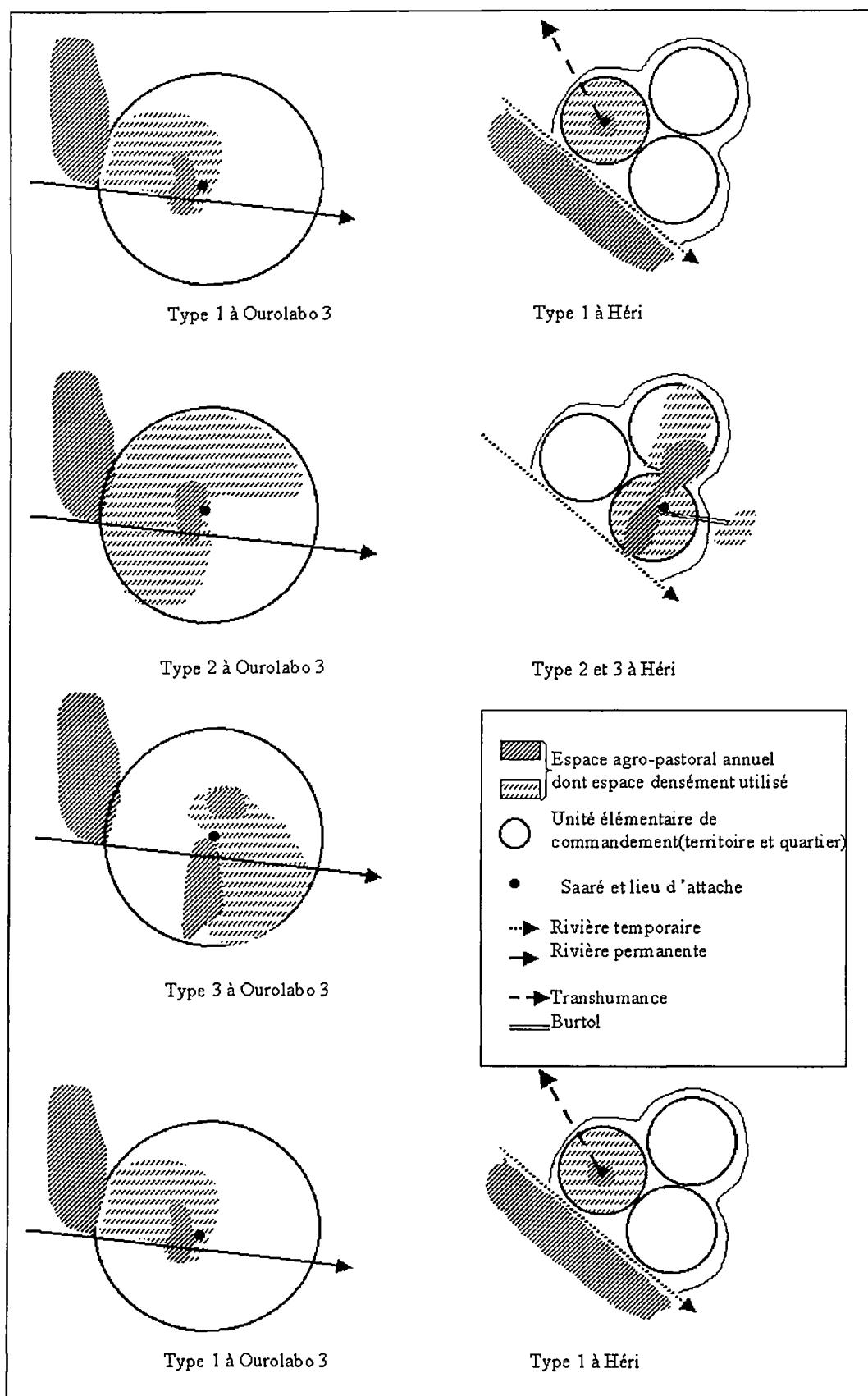


Figure 7. Modélisation graphique des espaces agropastoraux annuels par type de propriétaires de bétail.

Utilisation des résultats à court et moyen terme

Propositions d'amélioration de la circulation des ressources dans les terroirs

Ces analyses et cette modélisation peuvent être prolongées par des propositions d'amélioration du « fonctionnement agro-pastoral » des terroirs. Dans les deux terroirs étudiés les ressources, pastorales et autres, existent encore en quantités relativement abondantes : résidus de récolte de novembre à janvier, pâturage vert de juillet à septembre, fumure organique des parcs des grands troupeaux... Cependant, leur accès ou leur transport pose souvent des problèmes. Des aménagements spatiaux, discutés avec les villageois, peuvent lever certaines contraintes de circulation. Des clôtures disposées de chaque côté de la piste principale à Héri, par exemple, permettrait le passage des grands troupeaux sans danger pour les cultures, jusqu'aux secteurs situés à l'est du terroir, moins fréquentés et donc moins pâturés qu'à l'ouest. La charge animale serait donc mieux répartie sur l'ensemble du terroir agropastoral.

D'une manière générale, les actions de développement devraient davantage prendre en compte les problèmes de répartition de la ressource et de son accès pour tous (Marty, 1993 ; Reiss *et al.*, 1997). Chercher une plus forte production est nécessaire mais non suffisant. Les aménagements spatiaux proposés devraient faire l'objet d'une expérimentation dans les deux terroirs pour juger de leur pertinence.

Evolutions récentes

Un retour rapide sur le terrain en mai 1999 a permis de confirmer les évolutions de ces systèmes agropastoraux pressenties lors de l'étude de terrain. Depuis la fin des enquêtes et des suivis de troupeaux en février 1997, on constate l'installation de nombreux cultivateurs originaires de l'extrême-nord à Ouro Labo 3, et la mise en valeur de terres par des fonctionnaires de Garoua. Ces nouveaux cultivateurs achètent et surtout louent des terres aux premiers arrivants au prix de 20 000 F Cfa l'hectare. Le prix, suivant la loi de l'offre et la demande, a doublé par rapport à 1997. Cette arrivée est facilitée par un pouvoir coutumier peu contraignant qui n'impose pas de taxe annuelle sur la terre, comme cela peut exister dans d'autres terroirs, et par la possibilité d'une installation durable. La conséquence, envisagée dans les scénarios d'évolution, en est une progression des terres cultivées au dépens des espaces pastoraux avec un cheptel bovin villageois dont l'effectif et la structure se modifient : 60 % des cultivateurs sont désormais équipés avec des animaux de trait contre 30 % en 1996. Les « grands » troupeaux présents en 1996-1997 sont encore visibles dans le terroir mais leurs effectifs n'augmentent pas. *On constate un net engouement des cultivateurs pour la fumure organique, sans doute lié au travail de démonstration-formation réalisé par l'Irad¹ de 1994 à 1997 (Dugué, 1995).* A Héri, la même tendance est observée.

Ainsi, les deux systèmes s'intensifient comme on pouvait s'y attendre. Le niveau d'intégration de l'élevage bovin à l'agriculture est plus poussé. La progression des cultivateurs d'Ouro Labo 3 dans la zone à vocation pastorale gérée par leurs voisins mbororos se poursuit au nord du terroir.

Scénarios d'évolution

Des scénarios d'évolution peuvent être construits. Ils sont bâtis en faisant varier deux paramètres-clés dans ces terroirs agro-pastoraux : la charge en bétail et la pression agricole. Le scénario le plus plausible est celui d'une augmentation du cheptel bovin villageois couplée avec une progression des espaces cultivés. Dans ce cas de figure, la structure du troupeau villageois va nécessairement changer. Les agro-éleveurs chercheront à acquérir uniquement des zébus de trait, associés à un ou deux animaux d'élevage, à défaut de grands troupeaux naisseurs qui ne peuvent se déplacer et se nourrir correctement dans ces terroirs très cultivés. Ces petits noyaux d'élevage (moins de 5 têtes) se déplaceront facilement dans le terroir et surtout valoriseront mieux les ressources fourragères qui deviendront à moyen terme le premier facteur limitant l'accroissement de la charge animale.

1. Irad : Institut camerounais de recherche agronomique pour le développement.

Conclusion

La méthodologie utilisée dans ce travail de recherche permet la constitution d'un important corpus d'informations. Les multiples suivis sur le terrain (en particulier les 350 suivis de troupeaux) fournissent des données plus fiables et beaucoup plus précises que celles qui pourraient être recueillies au cours d'entretiens à domicile. Bien évidemment, il s'agit de suivis très lourds impossibles à réaliser pendant les quelques semaines que peut durer une expertise. Ces différentes représentations cartographiques constituent des outils pour les agents de développement soucieux de comprendre rapidement la gestion de l'espace par chaque type de propriétaire de bétail dans deux contextes fréquents au Nord-Cameroun. Ce sont des modèles à la fois utilisables et transformables par les cadres du développement. Ils peuvent également être utilisés pour éclairer le « fonctionnement agropastoral » d'autres terroirs de la zone cotonnière, camerounaise ou non.

Bibliographie

- AMOUDOU A., 1994, Etude des relations entre l'agriculture et l'élevage à l'échelle du terroir en zone cotonnière du Nord Cameroun. Cas de Ouro Labo 3. Mémoire de stage. Montpellier, France, CNEARC, 74 p.
- DEVEZE J.C., 1988, Eléments de réflexion sur l'association de l'agriculture et de l'élevage en Afrique au Sud du Sahara. Document multigraphié. Montpellier, France, DSA, 10 p.
- CIRAD, 1985, Elevage. Relations agriculture-élevage. Les Cahiers de la Recherche-Développement, n°7, 82 p.
- CIRAD, 1986, Elevage. Relations agriculture-élevage. Les Cahiers de la Recherche-Développement, n° 9-10, 144 p.
- DUGUÉ P. *et al.*, 1994, Diversité et zonage des situations agricoles et pastorales de la zone cotonnière du Nord Cameroun. Garoua, Cameroun, Projet Garoua, IRA/IRZV, 82 p.
- DUGUÉ P., 1995, Amélioration de la production et de l'utilisation de la fumure organique animale en zone cotonnière du Nord Cameroun. Résultats préliminaires. *Agricultural Systems in Africa* 5 (2) : 5-19.
- DUGUÉ P., 1999, Utilisation de la biomasse végétale et de la fumure animale : impacts sur l'évolution de la fertilité des terres en zones de savanes. Etude de cas au Nord-Cameroun et essai de généralisation. Document CIRAD-Tera, n° 57/99.
- GEORGE P., 1990, Dictionnaire de la Géographie. Paris, France, PUF, 510 p.
- KAM A., 1994, Etude des relations entre l'agriculture et l'élevage à l'échelle du territoire villageois en zone cotonnière du Nord Cameroun : le cas de Héri. Mémoire de stage. Montpellier, France, CNEARC, 83 p.
- LANDAIS E., LHOSTE Ph., 1990, L'association agriculture-élevage en Afrique intertropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités de terrain. *Cahiers des Sciences Humaine*, 26, (1-2) : 217-235.
- LANDAIS E. (ed.), 1993, Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer. Paris, France, INRA/SAD, 389 pages.
- LELANDAIS B., 1996, Gestion des systèmes fourragers et utilisation de la traction animale en zone cotonnière du Nord-Cameroun. Mémoire CNEARC. Montpellier, France, CNEARC, 84 p.
- MARTY A., 1993, La gestion des terroirs et les éleveurs : un outil d'exclusion ou de négociation ? *Revue Tiers Monde*, 34 (134) : 327-344.
- MENY V., 1996, Gatouguel. Evolution d'un terroir aménagé par le Projet FAC-Guider (1968-1973). Maroua, Cameroun, SODECOTON, Projet DPGT, 62 p.
- PICARD J., 1999, Espaces et pratiques paysannes. Les relations élevage-agriculture dans deux terroirs cotonniers du Nord Cameroun. Université Paris X Nanterre, 2 tomes, 539 p.
- REISS D. *et al.*, 1996, Trois situations de gestion des ressources pastorales en zone soudano-sahélienne. In Collectif, 1997 : *Agricultures des savanes du Nord Cameroun. Vers un développement des savanes d'Afrique centrale*. Coll. Colloques. Montpellier, France, CIRAD-Ca, 528 p.
- ROUPSARD M., 1987, Nord Cameroun. Ouverture et développement. Thèse de doctorat ès Lettres et Sciences Humaines. Nanterre, Université de Paris X-Nanterre, France, 512 p.

Partie II

Gestion de la biomasse végétale et relations agriculture-élevage dans différentes situations tropicales



Introduction et résumé des débats

Cette deuxième partie regroupe cinq communications qui ont trait à des thématiques proches de celles abordées par l'Action thématique programmée (Atp) « Flux de biomasse et gestion de la fertilité » en Afrique centrale. Elle présente des résultats obtenus dans des contextes agro-écologiques très divers : la zone sahélo-soudanienne au Sénégal (A. Badiane et B. Szempruch) et au Niger (F. Achard *et al.*), la zone soudanienne du Mali (F. Ganry *et al.*), les plateaux de l'Adamaoua au Cameroun (J. Boutrais) et l'ensemble de la zone tropicale humide et d'altitude (M. Raunet).

La gestion de la fumure et des résidus de récolte est abordée dans toutes ces communications mais plus particulièrement dans celles relatives au Bassin arachidier sénégalais et au système de culture sorgho-cotonnier au Mali. La comparaison de ces deux situations met en exergue le poids du facteur pluviométrique sur la production de biomasse végétale recyclable. La marge de manœuvre des paysans du Bassin arachidier au Sénégal est très réduite car la production de résidus de culture est presque entièrement consommée par le bétail (en particulier les chevaux et ânes de trait). Les possibilités de fabriquer du fumier ou du compost à partir de litière ou de paille de céréales sont très réduites. Par contre, les paysans du Mali-Sud disposent d'une quantité de biomasse bien supérieure (en particulier les pailles de sorgho) qui peut être recyclée par un cheptel bovin en accroissement. A partir de ces éléments, la communication de F. Ganry *et al.* propose différents scénarios combinant le recyclage des résidus de culture, la fumure organique (sur cotonnier) et la fumure minérale (sur cotonnier ou sorgho). Dans ces deux régions, la gestion de la fertilité des terres cultivées doit nécessairement prendre en compte les capacités des zones sylvo-pastorales (dont la surface décroît) à entretenir le cheptel en saison des pluies.

Deux communications analysent avec précisions les systèmes de production des éleveurs et agro-éleveurs peuls au Niger (F. Achard *et al.*) et au Nord Cameroun (J. Boutrais). Dans les deux cas, ces systèmes sont en pleine mutation du fait de l'accroissement démographique et de l'intérêt croissant des éleveurs pour les productions végétales. Les systèmes de culture des agro-éleveurs sont caractérisés par une bonne gestion de la fertilité liée aux fortes disponibilités en fumure organique (ratio Ubt/surface cultivée plus élevé que chez les agriculteurs). Des évolutions récentes ont été observées dans l'Adamaoua avec l'accroissement des surfaces cultivées par les éleveurs lié à l'introduction de la culture attelée et même de la motorisation, le développement de la culture de maïs, l'apparition de la clôture qui interdit la vaine pâture de saison sèche. Au sud-ouest du Niger, les agro-éleveurs s'interrogent sur la façon de gérer leurs ressources en fumure animale : forte dose sur une faible surface avec une faible fréquence d'apport (un apport tous les 5 ou 6 ans) ou faible dose répartie sur une plus grande surface mais avec un apport bi ou tri-annuel. Les travaux conduits dans cette région mettent en évidence l'intérêt de quantifier et de localiser ces apports ainsi que d'établir des bilans de fumure. F. Achard *et al.*, ont pu ainsi montrer que même pour des systèmes de production caractérisés par des pratiques de fumure animale éprouvées, les pertes en fumure étaient encore très élevées. De même ils ont mis en évidence et quantifié le rôle de termites dans le recyclage des fèces en saison sèche.

La communication relative à la gestion agrobiologique des sols (M. Raunet) présente une alternative pour l'entretien de la fertilité des terres agricoles. On privilégie alors le recyclage de la biomasse végétale excédentaire par la faune (insectes, vers, microfaune) et les micro-organismes du sol. Cette biomasse est laissée à terre sous forme de mulch ce qui a pour effet complémentaire de protéger les sols de l'érosion hydrique. Afin d'accroître la biomasse à recycler, ces systèmes de culture intègrent des plantes à fort développement (aérien et racinaire) dont la fonction première est de produire des mulchs. Dans les régions où l'élevage est présent (et en progression), la principale contrainte à la diffusion de ces innovations est de faire cohabiter des systèmes d'élevage consommateurs de matière sèche et des

systèmes de culture caractérisés par la présence quasi permanente de couverture végétale morte ou vivante.

Quatre enseignements peuvent être tirés de la présentation de ces communications et des débats qui en ont découlé.

Evolution de la place de l'élevage dans les zones où l'agriculture progresse

Lorsque la densité de population rurale (et d'agriculteurs) augmente, les zones cultivées jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation du bétail en saison sèche. Dans ce cas, les transferts de fertilité entre la zone de parcours (et de jachère) et la zone cultivée diminuent. On assiste alors à des transferts de fertilité au sein de l'espace cultivé. Même dans ces conditions, la conduite des troupeaux reste relativement extensive avec des pertes importantes d'aliment par piétinement de la ressource fourragère. Les cultures fourragères sont toujours absentes des systèmes de production et seul le stockage de certains résidus de culture (fanés de légumineuses) se généralise. La réduction des surfaces de parcours naturel et de jachère (non incluse dans l'espace cultivée) entraîne de plus en plus l'apparition d'une nouvelle période de pénurie alimentaire pour le bétail en fin de saison des pluies avant l'ouverture de la vaine pâture. Du fait d'une forte charge animale, les parcours naturels sont surpâturés en saison des pluies et ne peuvent plus alimenter correctement le bétail dès que les pluies se raréfient. Cette période de pénurie s'ajoute à celle de fin de saison sèche bien connue des éleveurs et contournée par la transhumance de courte durée. Dans ce nouveau contexte, le développement d'un élevage intégré à l'agriculture se heurte à la raréfaction des ressources fourragères qui peut être partiellement jugulé par l'utilisation de sous produits agro-industriels. Les agro-éleveurs privilégient alors le maintien du cheptel de trait et peuvent envoyer une partie de leur bétail dans d'autres régions moins peuplées (cas du Bassin arachidier). Le dynamisme économique de nouvelles filières comme celle de la production de lait pourrait prochainement redynamiser cette intégration de l'élevage à l'agriculture.

Intérêts et limites des comparaisons entre différentes situations agricoles

L'analyse comparative d'études de cas permet de tirer des enseignements généraux concernant l'évolution des systèmes de production et des systèmes agraires en Afrique sub-saharienne. Ces analyses comparatives peuvent aussi traiter de points particuliers comme l'évolution des relations agriculture élevage, les modes de gestion de la fertilité des terres et des ressources en matière organique... D'un point de vue pratique, les échanges entre chercheurs, développeurs et producteurs intervenant dans des régions différentes sont riches d'enseignements et permettent d'enclencher des dynamiques d'innovation souvent prometteuses. Toutefois, il est nécessaire au préalable de bien caractériser les situations que l'on souhaite comparer tant du point physique qu'humain. Un cadre global d'analyse présentant les différences et les similitudes est nécessaire pour mener à bien ces études comparatives. Ainsi un ensemble d'études de cas doit pouvoir déboucher sur une typologie d'études de cas et sur la mise en évidence des relations existant entre les différents types.

Nécessité de revoir des paradigmes anciens

La programmation de la recherche agronomique et du développement rural a reposé durant plusieurs décennies sur un certain nombre de paradigmes qu'il est indispensable de revoir ou de faire évoluer. Dans des situations d'incertitude économique, climatique ou sociale (insécurité foncière) la politique du tout intensif n'est plus envisageable. De même les agriculteurs et les éleveurs ont plus besoin de choisir parmi une gamme de propositions techniques que d'un conseil unique et normatif. Le « tout labour » comme le « tout semis direct » ne peuvent pas constituer des recommandations techniques passe-partout. A l'échelle de l'exploitation ou de la région, il faut nécessairement raisonner des combinaisons d'itinéraires techniques. Il en est de même pour la gestion de la fertilité des terres qui implique une combinaison de techniques associant le recyclage de la biomasse excédentaire, la fumure minérale, le contrôle des adventices mais aussi la réduction des pertes par érosion.

Il est aussi nécessaire de revoir les modes d'organisation des filières agricoles et, en particulier, de l'approvisionnement en intrants et en matériels. Si le modèle des filières intégrées (comme la filière coton) a obtenu certains succès, le contexte actuel de libéralisation de l'économie doit nous pousser à

innover aussi dans ce domaine. La recherche doit surtout se focaliser sur la mise au point de propositions adaptables qui permettent aux paysans de promouvoir une durabilité agronomique mais aussi socio-économique des systèmes de production.

Vers une gestion intégrée de la fertilité

Sans sous-estimer l'importance du statut organique des sols et de la gestion des matières organiques et des ressources fourragères (largement abordée dans cet atelier) il est nécessaire de replacer ces travaux dans une définition englobante de la fertilité. La fertilité d'un milieu (et pas seulement du sol) peut être considérée comme son aptitude à satisfaire durablement les besoins des populations rurales au travers de systèmes de production et d'aménagement qu'elles mettent en œuvre. Par exemple, il est difficile de discuter de l'effet de la fertilisation (organique et minérale) des cultures sans aborder leur alimentation hydrique. Cela renvoie au problème de la gestion de l'eau pluviale et des eaux de ruissellement, qui a d'ailleurs aussi un impact sur les bilans minéraux et organiques. Gérer la fertilité d'une parcelle consiste aussi à contrôler les adventices et les parasites à moyen terme ou à long terme (en cas de culture continue) ou à s'assurer du maintien d'une bonne structure du sol (limitation des tassements).

La plupart des travaux présentés lors de cet atelier ont été réalisés sur un pas de temps relativement court (une année, dans certains cas deux ou trois). La gestion de la fertilité d'un sol, d'un milieu et l'étude de la durabilité d'un système de production doivent nécessairement se raisonner sur un pas de temps beaucoup plus long, par exemple la durée du cycle « temps de culture + temps de jachère ». A l'échelle d'un cycle cultural, on peut appréhender la quantité d'éléments minéraux mobilisée par les cultures. Les calculs de bilans minéraux annuels n'ont en fait d'intérêt que s'ils permettent d'établir des bilans pluriannuels. On peut aussi s'interroger sur la durabilité d'une ressource en matière organique sur un pas de temps de 10 ans. Comment cette ressource (la production de paille de céréales par exemple) va t'elle évoluer en fonction de l'évolution de la fertilité du sol mais aussi des modifications de l'itinéraire technique de la culture, le changement de variété, l'évolution de la fertilisation, l'utilisation des autres biomasses, la place de l'élevage...

Les dispositifs de suivi de la fertilité (ou observatoire de la fertilité) sont coûteux et difficiles à gérer dans la durée, même en ce qui concerne les essais de longue durée en station. Il est donc nécessaire de développer des approches diachroniques en étudiant (lorsqu'elle existe) une large gamme de fertilité du milieu à l'échelle de l'exploitation, du terroir ou de la petite région.

Gestion et utilisation de la matière organique dans la zone centre du Bassin arachidier (Sénégal)

A. NIANE BADIANE*, B. SZEMPRUCH**

*Isra, Institut sénégalais de recherches agricoles, BP 3120 Dakar, Sénégal

**Csn, Centre national de recherche agronomique de Bambey, Isra, Sénégal

Résumé. Gestion et utilisation de la matière organique dans la zone centre du bassin arachidier (Sénégal). Cette synthèse succincte sur la disponibilité et la gestion de la matière organique dans le Centre Bassin Arachidier du Sénégal est réalisée à partir de différentes enquêtes menées de 1978 à 1993. Dans cette région, la matière organique est la seule source de fertilisation. Sa gestion est dictée par la forte pression anthropique, avec une disparition des jachères régénératrices de la fertilité du sol. Les exportations d'éléments minéraux et organiques des systèmes de culture sont importantes, et la concurrence pour l'utilisation des résidus de culture est forte (vente, usage domestique, élevage). La disponibilité après utilisation traditionnelle est très limitée, voire nulle dans la zone Nord. Les sous-produits d'élevage constituent la principale source de fumure. Mais les quantités disponibles sont insuffisantes pour arriver à des objectifs même limités. Cette gestion est soumise à des processus décisionnels et des stratégies variables en fonction du statut social du paysan, qui aboutissent à une forte hétérogénéité des apports suivant les parcelles.

Introduction¹

La nécessité d'apporter de la fumure organique aux sols dont la fertilité est fortement dégradée, ne fait plus de doute. Il est bien établi que le statut organique joue un rôle primordial dans la productivité des terres ainsi qu'un rôle régulateur dans ce milieu mal maîtrisé. La synthèse la plus récente sur cette question a été faite par Piéri (1989). Par ailleurs, tous les travaux entrepris ces dernières années ont montré une dégradation croissante de la fertilité des sols incluant une perte de leur capacité régulatrice, et du pouvoir tampon en particulier. Cette situation menace gravement la reproductibilité des systèmes de production et leur capacité à subvenir aux besoins des populations.

C'est à ce titre que se pose avec acuité le problème de l'entretien organique des sols. L'ensemble des régions du Sénégal est concerné par ces problèmes du maintien et de la restauration de la fertilité des sols. De gros efforts et d'importants moyens humains et financiers ont été déployés au cours des cinquante dernières années pour lutter contre la dégradation et l'appauvrissement des sols. Les solutions proposées et leurs mises en œuvre sont différentes d'une région à une autre. Elles dépendent de la disponibilité en résidus organiques, des capacités d'intervention des paysans et des techniques ou technologies disponibles. De plus, elles sont

1. Le travail présenté dans ce document est une synthèse succincte sur la disponibilité et la gestion de la matière organique dans la zone Centre Nord et Sud du Bassin arachidier. L'ensemble des résultats présentés ici provient de différentes enquêtes réalisées dans la zone par Allard *et al.*, 1982 ; Diedhiou, 1988, Sagna-Cabral, 1988 et Badiane, 1993.

étroitement liées aux conditions écologiques, bioclimatiques, pédologiques, aux choix agronomiques mais, aussi, aux réalités socio-économiques de la région concernée. Elles visent toutes, cependant, à l'amélioration ou au maintien de la fertilité des sols.

L'importance de la matière organique pour la fertilité (maintien et amélioration) des sols sableux du Sénégal est généralement reconnue. Le Centre national de recherche agronomique de Bambey (un des plus anciens centres de recherche en zone Ouest africaine) a abrité de nombreuses recherches depuis 1945 (Bouffil, 1950). Ainsi de 1948 jusqu'à nos jours, de nombreux travaux de recherche et de développement agricole se sont succédé au Sénégal. Pour ces travaux, trois phases peuvent être distinguées.

- De 1945 à 1960, deux conceptions ont guidé les travaux de recherche : une conception économique envisageant une amélioration partielle et à court terme de la fertilité des sols et une conception technique visant une amélioration complète et durable de la fertilité. Ces recherches ont été essentiellement axées sur la fertilisation minérale et sur l'utilisation de l'engrais vert. Cette politique de fertilisation n'a pas atteint les objectifs escomptés.
- De 1960 à 1975, les politiques agricoles ont favorisé l'utilisation des engrais minéraux. A grande échelle, les paysans ont « découvert » l'effet positif des engrais minéraux sur les rendements des cultures. De ce fait les possibilités offertes par la matière organique d'origine végétale et/ou animale ont été un peu négligées.
- De 1975 à nos jours, avec la crise de l'énergie et la dévaluation du franc Cfa, cette politique d'intensification par les engrais minéraux a connu un double échec. D'une part, les terres cultivées ont atteint un niveau d'acidification très élevé ; d'autre part, la détérioration de la situation climatique a rendu la réponse des cultures à la fumure très aléatoire. Dans les conditions actuelles, compte tenu du prix des engrais minéraux et de la nécessité de maintenir, voire d'améliorer la fertilité des sols pour augmenter leur productivité, les amendements organiques bénéficient d'un regain d'intérêt qui a été pris en compte dans les programmes de recherche.

La gestion rationnelle des ressources organiques est une composante incontournable du développement agricole au Sénégal. Elle est souvent présentée comme une alternative plausible pour résoudre le problème de la baisse de la production agricole dans un pays où les besoins alimentaires de la population en croissance sont élevés. Au cours de ces dernières décennies, de nombreux échanges d'expériences sur le recyclage de la matière organique dans l'agriculture ont permis de préconiser des techniques rationnelles. Toutefois des contraintes socioculturelles ont limité leur adoption dans certaines zones. La diversité et l'importance des activités de recherche réalisées à ce jour rendent nécessaire un bilan de la question pour mieux redéfinir les orientations de recherche (synthèse en cours, Badiane *et al.*, 1998).

Méthodologie

Dans chaque terroir, des villages ont été choisis pour leur représentativité. A l'intérieur de chaque village, des exploitations ont été retenues et suivies régulièrement par des enquêteurs sur place. La quantification des résidus a été faite à deux niveaux (villages et exploitations). Les caractéristiques des terroirs (population, cheptel, équipements et finage) ont été étudiées. L'étude de l'organisation sociale de chaque terroir a été menée avec une attention particulière car elle constitue un facteur déterminant du processus décisionnel de l'utilisation de la matière organique.

La quantification de la matière organique d'origine végétale et animale produite et épandue chez les paysans est faite par la pesée des contenus des charrettes et des bassines. Les poids varient pour les charrettes dans la zone Nord et la zone Sud respectivement entre 172 ± 20 et 290 ± 22 kg de matières sèches et pour les bassines entre 8 ± 1 et 21 ± 2 kg de matières sèches. Ces poids varient en fonction de la nature du produit (paille de mil, fanes d'arachide, ou herbes de jachère, poudrette de fumier ou bouses de vache ainsi que du matériel de transport). Un effort constant de rigueur a cependant été fourni au niveau de l'échantillonnage, des pesées et de l'évaluation de la matière sèche (Badiane, 1993).

Analyse des systèmes de culture

Le Centre-Nord et Centre-Sud du Bassin arachidier du Sénégal sont des zones de cultures essentiellement pluviales dont les principales sont le mil et l'arachide. On y trouve également du maïs et du sorgho dans de très faibles proportions et quelques parcelles de coton (Centre-Sud).

Les cultures

Le mil Souna (variété précoce) est la principale céréale cultivée dans ces terroirs. Il occupe 54 à 65 % des surfaces emblavées, l'arachide et les autres cultures (le maïs, le sorgho, le niébé, légumes, etc.) occupant le reste. Les jachères ne représentent plus que 3 à 7 % des superficies cultivables.

Les précédents cultureaux

La rotation biennale arachide-mil est largement dominante dans la zone étudiée. Dans 90 % des cas, le mil succède à l'arachide. La succession mil-mil est de faible importance et se localise exclusivement dans les champs de case appartenant aux chefs d'exploitation. Ces champs correspondent traditionnellement à une auréole de fertilité privilégiée. Si le parage a pratiquement disparu dans la zone Nord, contrairement à la zone Sud, il peut encore subsister un certain effet, d'autant que ces champs restent un lieu d'accueil principal pour les animaux en divagation et un espace de déjection des ordures ménagères.

Les itinéraires techniques

Les itinéraires techniques sont relativement homogènes d'un village à un autre. Les modifications ne portent que sur les dates d'intervention et sur l'intensité du démarrage pour le mil. Dans le bassin arachidier, le semis mécanique est totalement généralisé. Avec les semoirs actuels, la gestion d'un mulch de surface n'est pas envisageable. En effet, le nettoyage des champs est systématiquement réalisé avant la saison agricole pour débarrasser les parcelles des résidus de récolte, qui sont brûlés sur place. Il n'y a pas de labour ; le seul travail du sol est un grattage superficiel grâce à une houe sine. Les semis se font en sol humide ou, plus rarement, en sol sec (mil Souna) si les premières pluies tardent à venir. Dans ce cas, ils ont lieu généralement sur sols *Dior* très sableux et relativement plus faciles à travailler. Le sarclage est mécanique ou manuel. Pour l'arachide, il y a en général un sarclage mécanique précoce appelé *radou* qui intervient 2 à 3 jours maximum après semis. Pour le mil, il faut souvent 2 à 3 sarclo-binages dont 1 sarclo-binage manuel.

La fumure organique et minérale

Dans la zone Centre-Nord, le parage n'est réalisé sur aucune parcelle, car, faute d'alimentation suffisante, les troupeaux transhument vers le sud du Bassin arachidier, où les réserves alimentaires sont plus importantes. Depuis l'arrêt du Programme agricole sénégalais en 1982, l'engrais minéral n'est pratiquement plus utilisé. La fumure est pratiquée uniquement sous forme d'apports de matières organiques, de résidus de paille et de déjections d'animaux d'élevage, épandus sur les parcelles. Dans les sites où subsistent des parcs à *Faidherbia albida*, la matière organique, produite, sert principalement à l'alimentation animale, mais une part non négligeable est restituée directement au sol. A l'exception de ces restitutions, l'élevage constitue l'unique apport d'éléments fertilisants aux sols.

L'ensemble des systèmes de culture en vigueur dans la zone, caractérisé par une agriculture minière avec peu d'intrants, conditionne la disponibilité, la gestion de la matière organique.

Gestion et utilisation de la matière organique

Les pratiques culturales sans mesures efficaces de fertilisation organo-minérale ont eu de graves conséquences sur le statut organique des sols et par conséquent sur la production agricole. Cette situation justifie l'effort de recherche consacré, entre autres, à l'étude des sources potentielles de matière organique et à leurs modes de valorisation. L'utilisation des résidus pailleux des cultures et les déjections

animales pour le maintien, voire l'amélioration, de la fertilité des sols avait retenu l'intérêt des chercheurs agronomes qui ont orienté leurs travaux sur deux questions fondamentales :

- quelles sont les disponibilités pour cet usage ;
- quel mode de restitution de ces matières organiques pourrait être applicable par les agriculteurs ?

Disponibilité, gestion et utilisation des résidus pailleux

Si l'expansion des cultures a perturbé les mécanismes traditionnels de gestion de la fertilité avec la réduction de la jachère, parquée ou non, elle génère d'importantes quantités de matière cellulosique correspondant aux appareils aériens des plantes cultivées et de la végétation adventice. L'évaluation du disponible a fait l'objet d'enquêtes réalisées par les équipes de chercheurs du Cnra de Bambey qui ont travaillé sur l'économie de l'azote et la gestion des résidus de récolte. Ces enquêtes, qui se sont déroulées étalées sur les années 1978-1980 et 1989-1994, ont concerné la zone Centre-Nord et Sud du Bassin arachidier et une partie de la Casamance. Les données ainsi collectées ont porté sur les rendements, les quantités ramassées et l'usage des pailles pour les différentes cultures.

Le tableau I résume les résultats des enquêtes menées dans le Bassin arachidier et en Casamance par Allard *et al.*, 1982 et Badiane, 1993. Les productions de pailles rapportées à l'ha sont relativement faibles dans le nord du Bassin arachidier mais deviennent de plus en plus élevées au sud de cette zone et en Casamance avec une variabilité intrazonale non moins importante. Les productions de résidus varient de 1 à 3 t à l'ha en fonction de la culture et du lieu. Les quantités réellement disponibles pour la restitution et les divers modes de valorisation sont déterminées par les priorités accordées aux usages qu'en font les agriculteurs dans les différentes zones agro-écologiques.

Les résultats montrent que dans la zone Centre-Nord du Bassin arachidier les résidus pailleux sont répartis entre l'alimentation animale et les usages domestiques (figure 1). Il s'agit pour ces derniers de la construction et de la réfection des palissades et des toitures. La situation est différente dans la zone Centre-Sud et en Casamance où les usages domestiques et l'alimentation animale laissent des excédents pour d'autres modes de valorisation de la biomasse produite (compostage, fabrication de fumier de ferme, etc.). Dans toutes ces zones, les pailles d'arachide (fanes) sont essentiellement destinées à l'alimentation animale soit localement soit hors de l'exploitation par le biais de la commercialisation.

Tableau I. Production, utilisation et disponibilités des résidus pailleux dans les systèmes culturaux du Bassin arachidier et de la Casamance.

Zone	Culture	Paille (t Ms/ha)	Ramassage (%)	Utilisation	Disponibilité après usage domestique et d'élevage (t Ms/ha)
Centre -Nord	Arachide	0,7 – 1,0	100	Animaux	Nulle
	Mil	1,0 – 2,0	60 – 100	Domestiques + animaux	Nulle
	Jachère	0,4 – 3,0	60 – 100	Domestiques + animaux	Nulle
Centre-Sud	Arachide	0,7 – 1,7	100	Animaux + vente	Nulle
	Mil	1,7 – 3,0	25 – 45	Domestique	1,0 – 2,5
	Jachère	0,4 – 3,0	20 – 60	Domestique	0,2 – 2,5
Casamance	Arachide	0,2 – 0,8	Faible	Animaux + vente	Nulle
	Mil	1,0 – 2,5	Très faible	Domestique	0,8 – 1,8
	Maïs	2,5 – 4,0	Très faible	Domestique	1,5 – 2,0
	Sorgho	1,0 – 3,0	Très faible	Domestique	0,8 – 2,5
	Riz	0,2 – 0,8	Très faible	Domestique	0,2 – 0,5
	Jachère	0,4 – 3,0	Très faible	Domestique	0,3 – 2,8

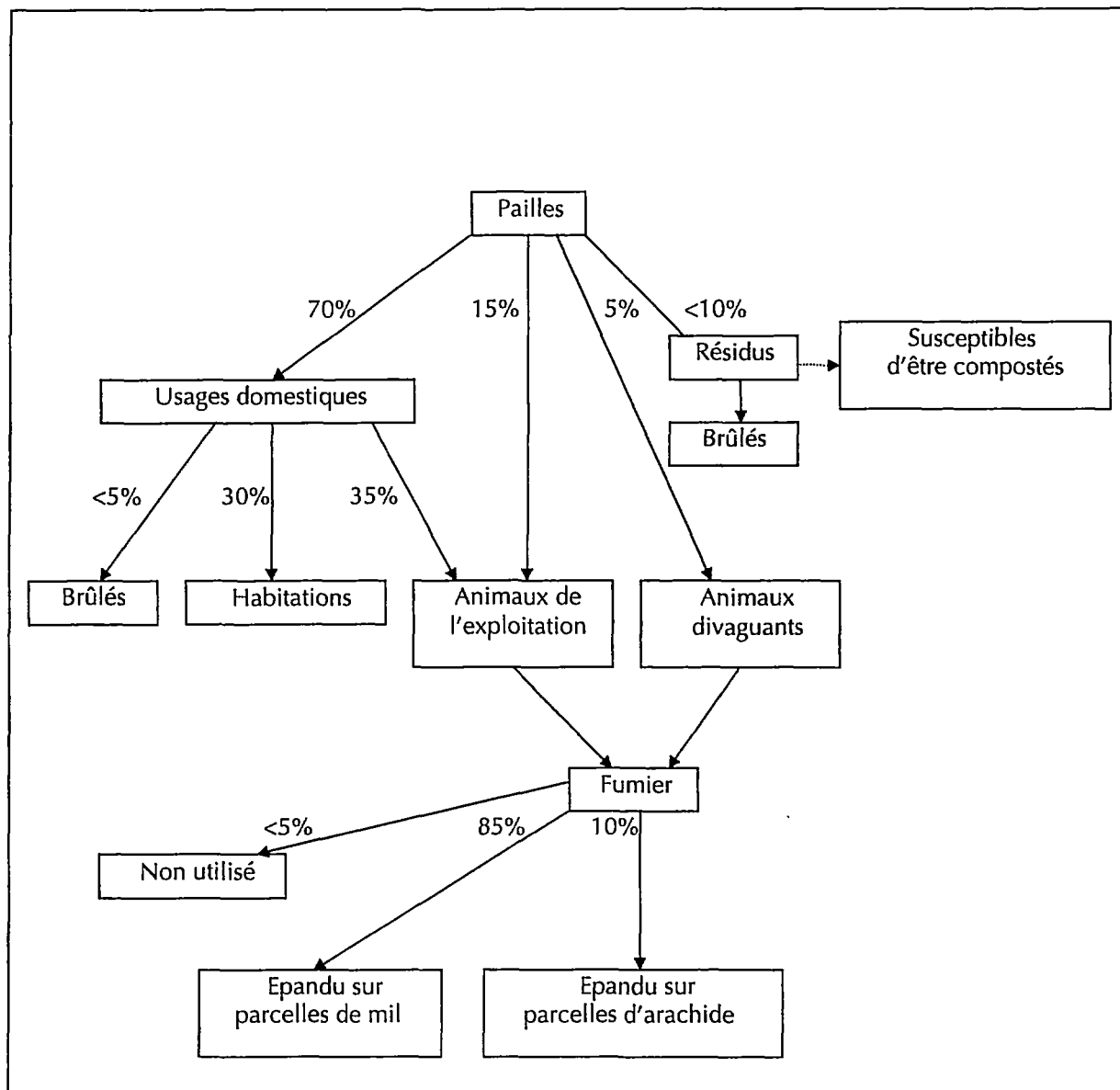


Figure 1. Schéma d'ensemble d'utilisation des pailles et du fumier produits dans la zone Centre-Nord du Sénégal.

L'avènement et le développement de la traction animale, en introduisant la stabulation, ont conduit les paysans à ramasser plus ou moins systématiquement les pailles, notamment celles de l'arachide. La meule de tiges de mil a été vulgarisée comme technique de stockage en plein champ. Ces exportations de pailles représentent des pertes considérables pour les sols cultivés (phénomène beaucoup plus marqué dans la zone Nord).

Disponibilité, gestion et utilisation des déjections animales

Le bétail consomme de la biomasse végétale — résidus de récolte pailleux, fourrages d'espèces herbacées et ligneuses naturelles, aliments concentrés (tourteau) — dont la dégradation dans le tractus digestif permet à l'animal d'absorber les nutriments nécessaires pour la couverture de ses besoins d'entretien et de production. La quantité de fèces produite par les animaux est fonction de l'espèce animale, de la quantité d'aliments ingérée et de sa digestibilité apparente. La quantité de fèces susceptible d'être collectée et valorisée pour les cultures à l'échelle de l'exploitation, du village, du terroir ou de la région dépend de l'effectif du bétail présent, de son importance relative et de son mode de gestion. La place de l'élevage dans les systèmes de production au Sénégal explique l'importance de la fumure d'origine animale dans les pratiques traditionnelles.

Le tableau II représente les quantités moyennes produites par ha dans les différents terroirs du Bassin arachidier. Le fumier produit est un fumier non composté, constitué d'un mélange de déjections et de pailles. L'apport de fumier dans les parcelles dépasse rarement la tonne par ha, ce qui représente 60 % des parcelles paysannes. Seulement 40 % des parcelles reçoivent des doses comprises entre 2 et 4 t/ha. En rapportant la quantité épandue à toute la parcelle, la dose moyenne est 1 t/ha. Cependant, sur les auréoles, le fumier est épandu de façon très hétérogène par apport ponctuel (1 charrette de 250 kg pour 70 m² et 1 bassine pour 5 m²) ce qui correspond à une dose de 21 t/ha. Ainsi, à l'intérieur d'une parcelle, il existe des doses très fortes qui dans la plupart des cas sont supérieures aux doses recommandées (3 à 4 t/ha/an, Badiane, 1993), qui ne sont que partiellement valorisées par les cultures. Les quantités faibles de matières organiques obtenues dans la zone Nord peuvent être expliquées par les phénomènes de transhumance et de faibles résidus pailleux disponibles.

Tableau II. Production, utilisation de la matière organique d'origine animale dans le Bassin arachidier.

Zone	* Fumier produit (t Ms/ha)	* Fumier apporté (t. Ms/ha)	Dose utilisée au niveau des zones fumées (t Ms/ha)	Culture recevant le fumier
Centre Nord	0,09 - 2,60	0,6 - 1.5	1 - 21	Céréales (85 %) Arachide (15 %)
Centre-Sud	1 - 4	1 - 2, 5	1 - 6	Céréales (90 %) Arachide (10 %)

* moyenne sur l'ensemble du terroir.

Il faut souligner que la gestion de la matière organique dans le Bassin Arachidier est soumise à plusieurs règles qui ont une très grande incidence sur la gestion de la fertilité des terres. Ces règles sont au nombre de quatre.

La collecte et le stockage sont deux pratiques sans investissements. L'entretien et le nettoyage des lieux de stabulation du cheptel permettent de récupérer la matière organique. Un simple balayage suffit à collecter le fumier des bovins, ânes et chevaux. Après balayage, le fumier est mis en tas. Il est soit transporté au champ dès que la quantité est suffisante pour remplir une bassine ou une charrette, soit accumulé pendant un certain temps. Le stockage se fait en tas, à l'air libre non loin du lieu de stabulation des animaux. Le temps de stockage est variable d'une exploitation à l'autre.

La répartition du fumier entre les parcelles de l'exploitation reste une règle inégalitaire : l'accès à la fumure organique dans la zone du Bassin arachidier dépend essentiellement du statut des paysans. Une grande disparité apparaît entre le chef d'exploitation, chef de ménage, sourga, ou navétane. En effet, on sait que le fumier produit par chaque animal revient à son propriétaire. C'est ainsi que près de 70 % du fumier produit est utilisé au profit des chefs d'exploitation propriétaires d'un grand nombre d'animaux. Pour l'ensemble de la zone étudiée, au niveau de l'exploitation, il convient de distinguer plusieurs statuts sociaux intervenant dans ce processus décisionnel (figure 2) :

- le chef d'exploitation qui dirige tous les travaux concernant la production dans l'exploitation ;
- les chefs de ménage dépendants qui sont les frères ou neveux ou fils mariés du chef d'exploitation ; ils sont sous ses ordres pour tout ce qui concerne la production du groupe familial ;
- les « sorgas » venus s'associer (lorsqu'ils sont étrangers à la famille) aux membres de l'exploitation, par manque de facteurs de production (semences, matériel agricole, terre, etc.) ;
- les « navétanes » (saisonnier) généralement originaires d'un autre terroir, n'ayant aucun lien de parenté avec le groupe qui gère l'exploitation ; ils vivent dans la concession pendant la campagne agricole et travaillent pour le chef d'exploitation qui leur attribue en contrepartie des parcelles à cultiver.

Le transport et l'épandage du fumier sont des activités continues dans le temps. Au niveau des terroirs étudiés, il n'y a pas de période bien définie pour le transport et l'épandage du fumier au champ. Mais le gros du travail est effectué entre mars et mai de chaque année.

La répartition du fumier dans l'espace est inégale. Dans la zone Centre-Nord, la majorité des parcelles peuvent recevoir du fumier mais avec de grandes variations des fréquences d'épandage et des quantités

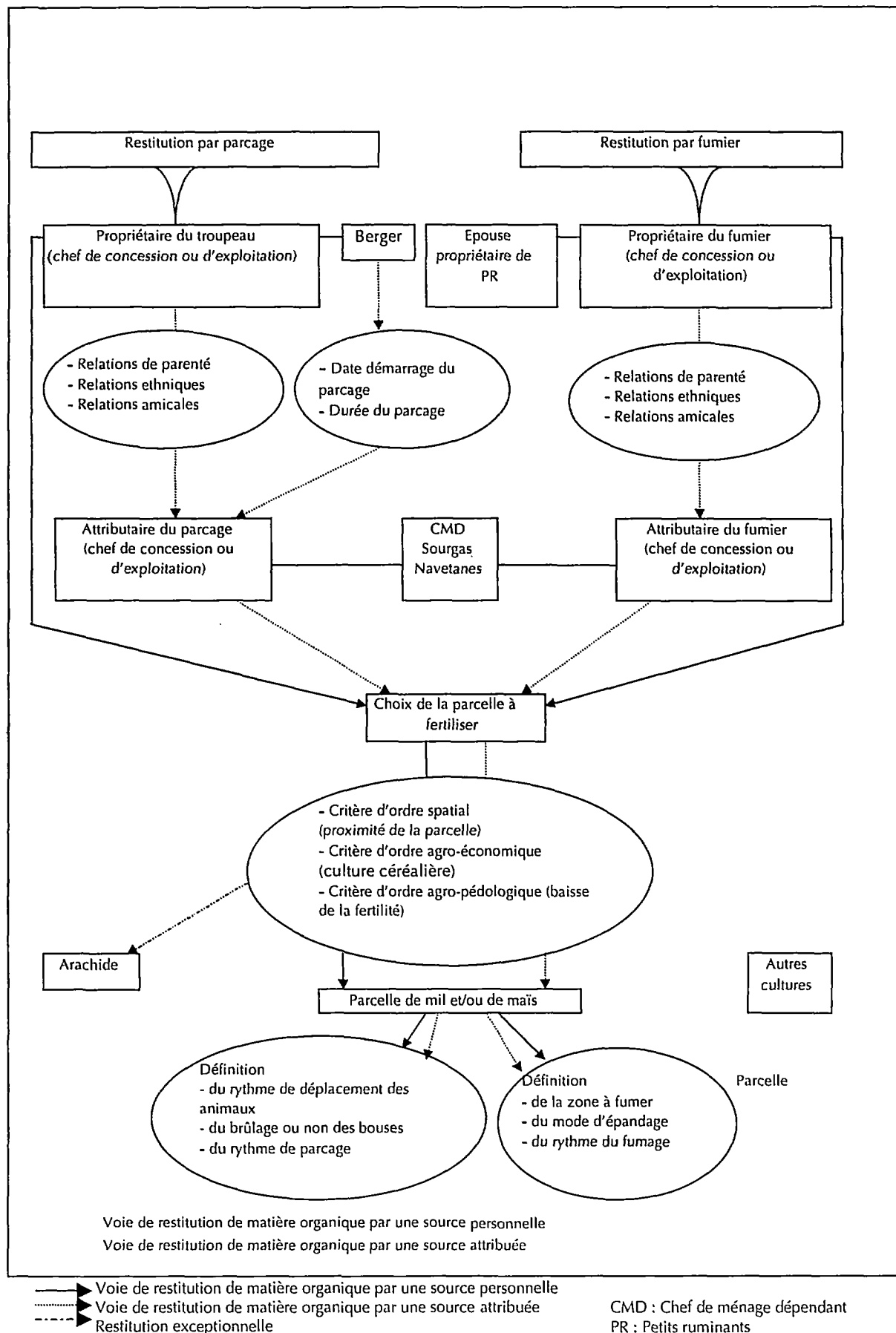


Figure 2. Schéma récapitulatif du processus décisionnel à partir de deux sources de fertilisation organique dans la zone Centre-Sud du Sénégal (source : Diédhiou, 1988).

apportées. L'absence de fumure organique sur une parcelle est liée à plusieurs facteurs :

- une forte fumure l'année précédente ;
- une ancienne jachère nouvellement mise en culture ;
- une faible disponibilité en fumier ;
- une situation géographique favorable qui permet le passage régulier des animaux en divagation (il s'agit des champs de case qui reçoivent également d'autres éléments fertilisants tels que les cendres et les ordures ménagères).

Contrairement au Nord, la fumure se localise, dans le Sud, sur les parcelles du centre du finage. On peut distinguer un axe net de transfert de fertilité des champs les plus éloignés vers les champs du centre du finage.

Modes de valorisation de la matière organique

Résidus pailleux

Plusieurs solutions techniques ont été étudiées par la recherche sur la valorisation des résidus pailleux : l'épandage en surface, l'enfouissement sans compostage et le compostage aérobie et anaérobie. Toutes ces techniques ont fait l'objet d'application en milieu réel mais leur réalisation par les paysans soulèvent encore des difficultés (labour, l'enfouissement des pailles, disponibilité en eau, investissement dans une fosse compostière).

Déjections animales

Les systèmes traditionnels agro-pastoraux sénégalais reposent sur le recyclage et le transfert de biomasse par les animaux pour l'entretien du statut organique des sols. L'utilisation des déjections animales pour l'entretien de la fertilité des sols est une pratique relativement ancienne au Sénégal. Le parage traditionnel est effectué beaucoup plus dans la zone Centre-Sud du Bassin arachidier où les troupeaux sont plus nombreux. Les animaux séjournent sur des parcelles de cultures où ils déposent fèces et urines pendant les heures où ils ne sont pas aux pâturages. Il faut signaler qu'il existe d'importantes variations saisonnières concernant les terres qui reçoivent la matière fertilisante provenant des animaux et que le parage s'accompagne d'importantes pertes en éléments nutritifs du sol causées par l'action des termites et du soleil. Le fumier rencontré en milieu paysan est formé d'un mélange de terre et de déjections.

Les étables fumières, qui permettent une bonne valorisation des déjections animales et des pailles pour la fertilisation et diffusées en milieu réel depuis 1985, sont toujours peu répandues.

paysans dans leur majorité ne sont pas intéressés à l'intensification des systèmes de culture.

En effet, si la plupart des paysans ont une préférence pour le parage dans la zone Centre Sud du bassin, c'est plus en raison de l'importance des superficies fertilisables par ce système que de la qualité agronomique des fèces bovins par rapport au fumier. Cela signifie que le système extensif sans restitution demeure encore l'option de la majorité des paysans. Dans la zone Nord, le parage est très faiblement pratiqué (Sagna-Cabral, 1989). Il semble donc que l'emploi de matière organique pour maintenir la fertilité des sols ne peut se faire qu'aux seules conditions suivantes :

Que les agriculteurs prennent davantage conscience des possibilités et de la nécessité d'amender les sols pour sécuriser la production vivrière à moyen terme. En effet, l'existence dans certaines concessions de tas de fumier non épandus laisse penser qu'il n'y a pas encore une réelle volonté de faire des restitutions organiques, les paysans se contentent de produire juste le nécessaire pour assurer la nourriture de la famille.

Que les contraintes qu'implique l'emploi de la fumure organique, diminuent. Par exemple chaque exploitant dispose d'une charrette.

Que la motivation économique s'accroisse. Par exemple lorsque les engrais minéraux coûtent cher, l'utilisation de fumure organique représente une alternative plus attractive. Mais pour le moment les qualités de l'engrais minéral dominant encore largement celles de la matière organique dans la conscience des paysans.

Dans la zone Centre-Nord, les quantités de matière organique produites sont insuffisantes pour fertiliser efficacement tout le terroir. De plus, la qualité des matières organiques d'origine animale n'est pas toujours satisfaisante compte tenu des déficiences constatées en éléments minéraux (phosphore et potassium notamment). Par ailleurs, une grande disparité de situations est observée entre les agriculteurs, qui, selon leur statut social (chef de carré, sourgha, femmes et navétanes...) ont ou non accès à la fumure organique pour leurs parcelles. Les conditions de stockage du fumier et les techniques d'épandage ne valorisent pas dans les meilleures conditions ces restitutions organiques (nombreuses pertes, épandage irrégulier, problème d'enfouissement). Enfin, l'étude des mouvements des animaux (transhumance, pâturage dans les terroirs villageois) ont permis de constater qu'une quantité non négligeable de fumier produit est dispersée dans la nature par les animaux en divagation et de ce fait non valorisée par les cultures.

Cependant, il est encourageant de remarquer l'existence, dans les différents villages étudiés, de paysans sensibles aux innovations techniques, préconisées par la recherche (enfouissement de la matière organique, fosses compostières, fosses fumières, étables fumières, etc.). Il faudra compter sur eux pour suggérer des schémas d'amélioration les plus adaptés de la gestion de la matière organique dans les terroirs agricoles. Ces schémas pourraient être intégrés dans un plan global et cohérent de la gestion de la fertilité des sols. L'enrichissement en phosphate naturel des composts, par exemple, permettant une valorisation efficace de cette fumure peu onéreuse et disponible au Sénégal est une voie à privilégier. Elle devrait être favorisée dans le programme de phosphatage de fond en cours.

Des mesures institutionnelles favorisant les pratiques de bonification des terres et une politique de sensibilisation et d'éducation permettant une réelle prise de conscience devront être prises car « la terre, nous ne l'avons pas héritée de nos ancêtres, mais nous l'avons empruntée à nos enfants ».

Références bibliographiques

ALLARD J.L., BERTHEAU Y., DREVON J.J., SEZE O., GANRY F., 1982. Ressources en résidus de récolte et potentialités pour le biogaz au Sénégal. *Agron. Trop.*, 38 : 213-221.

BADIANE A.N., 1993. Le statut organique d'un sol sableux de la zone Centre Nord du Sénégal. Thèse de Doctorat, INPL, ENSAIA, Nancy, France, 200 p.

BOUFFIL, F., 1950. *Réflexions sur les terres d'Afrique soudanienne dites épuisées. Les possibilités de les améliorer. Rôle primordial de l'humus.* Annales du CRA de Bambey, 6 : 41-45.

DIEDHIOU I, 1988. Gestion et utilisation de la matière organique d'origine animale dans un terroir du Centre sud du Sénégal. Mémoire d'étude CNEARC, Montpellier, France, CNEARC, 94 p.

PIERI C., 1989. Fertilité des savanes. Bilan de trente ans de recherches et de développement agricole au sud du Sahara. Ministère de la coopération et CIRAD-IRAT. Paris, France, Documentation française, 444 p.

SAGNA-CABRAL M.A., 1989. Utilisation et gestion de la matière organique d'origine animale dans un terroir du Centre-Nord du Sénégal. Mémoire d'étude CNEARC, Montpellier, France, CNEARC, 46 p.

La durabilité du système cotonnier-sorgho au Mali-Sud fondée sur le fumier et la gestion optimale de la fertilisation

Enjeux et contraintes¹

F. GANRY*, Z.J.L. SANOGO**, J. GIGOU***, R. OLIVER*

*Cirad-Amis, av. Agropolis, 34 398 Montpellier cedex 5, France

**Ier Esp/Grn, BP 186, Sikasso, Mali

***Cirad/Ier, BP 1769, Bamako, Mali

Résumé. Durabilité du système cotonnier-sorgho au Mali-Sud fondée sur le fumier et la gestion optimale de la fertilisation. Enjeux et contraintes. Dans les zones tropicales soudanaises, le fumier composté est un facteur de production agricole majeur, plus particulièrement en culture cotonnière. La présente étude s'appuie sur des résultats obtenus par la recherche et le développement en zone soudanienne et notamment dans la région cotonnière du Mali-Sud. Elle examine d'abord les conditions de faisabilité du fumier pour déboucher sur un schéma de fonctionnement simplifié du système de production sorgho-cotonnier dans lequel le fumier et l'engrais sont apportés. Partant de ce schéma de fonctionnement, une simulation du système de production est réalisée à partir des résultats de rendements d'un essai au champ conduit au Mali-Sud et des données chiffrées relatives à la production de fumier, pouvant s'appliquer au Mali-Sud. Une stratégie d'utilisation réaliste du fumier en zone sahélo-soudanienne, doit satisfaire trois principales conditions : (i) disposer de ressources suffisantes en fourrages et en litières ; (ii) composter le fumier et l'apporter à des doses réalistes ; (iii) pouvoir transporter le fumier et l'enfouir. Au Mali-Sud, la ressource fourragère est la contrainte principale, encore largement tributaire de la capacité de charge des pâturages naturels. La pratique de la stabulation saisonnière se développe fournissant un fumier composté de qualité. Dans l'hypothèse où les trois conditions ci-dessus sont satisfaites, la simulation du système de production montre l'intérêt de placer l'apport de fumier sur cotonnier plutôt que sur sorgho, et inversement pour l'urée, modalité de fumure qui accroît de la productivité du système.

Introduction

La pratique du compostage, incluant la fabrication du fumier, est en voie de développement au Burkina Faso, au sud du Mali et au Sénégal. Le Burkina Faso a lancé en 1986 une campagne nationale sur le

1. Ce texte a été rédigé pour être présenté au séminaire international « La jachère en Afrique tropicale » ; la problématique du fumier est en effet indissociable de la problématique de la jachère au sens large. Le sujet développé ici a été exposé lors de l'atelier « Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle du terroir » car il s'inscrit bien, aussi, dans la thématique de cet atelier. Nous avons alors considéré que ce document méritait aussi d'être publié dans les actes de l'atelier « Biomasse ».

thème « une famille rurale, une compostière » (revue *Spore*, 1989) ; dans la zone cotonnière de ce pays, la technique des parcs d'hivernage produisant un fumier amélioré s'est bien développée (Berger *et al.*, 1987). Au Mali, la réussite de la filière cotonnière dans le sud repose en grande partie sur une stratégie de développement du fumier en milieu paysan (Sanogo, 1997). En Haute-Casamance dans la zone cotonnière (Sénégal), on note le succès de la stabulation semi-permanente des bovins (Ly *et al.*, 1997).

L'ensemble de ces travaux montre que l'intégration de l'élevage à l'exploitation, outre les autres avantages que cette intégration offre pour le système de production, est l'élément clef pour la durabilité des systèmes de culture. On se limitera ici à la zone soudanienne et plus particulièrement au Mali-Sud.

L'objectif de cette communication est de montrer l'enjeu et les contraintes d'une stratégie d'intensification fondée sur le fumier dans un système représentatif de la région Mali-Sud : le système sorgho-cotonnier.

Diagnostic agro-socio-économique des systèmes de production et des stratégies paysannes

La région Mali-Sud est délimitée par les frontières de la Guinée et de la Côte d'Ivoire au sud, du Burkina Faso à l'est et du fleuve Niger au nord. Son importance économique est considérable pour le Mali. En effet, cette région connaît, depuis une vingtaine d'années, une formidable intensification à rendement constant des cultures. La croissance de la production agricole est obtenue par l'augmentation continue de la surface cultivée, grâce au passage à la culture continue et à la forte adoption de la culture attelée. Cette région nourrit près d'un tiers de la population malienne (estimée à 9 millions en 1995) et contribue pour près de 50 % au produit intérieur brut du pays (Sanogo, 1997).

Un diagnostic agro-socio-économique fondé sur les travaux de l'Institut d'économie rurale (Drspr, 1993 ; Gigou *et al.*, 1998) et de la Compagnie malienne de développement des textiles (Cmdt, 1993 ; Giraudy, 1996) met en évidence deux systèmes de culture différents : un système de culture permanente qui s'installe progressivement et occupe actuellement 60 % des surfaces, l'autre de culture itinérante comprenant 10 ans de culture continue puis une période de jachère plus ou moins longue.

Le diagnostic sur la culture continue conduit à trois constats. Les sociétés de développement recommandent la fertilisation minérale (dont N) et la fumure organique du cotonnier, le sorgho ne bénéficie, alors, que des arrière-effets de cette fumure (constat 1). La pratique de la fumure organique se répand en milieu paysan sous l'impulsion des sociétés de développement, et les paysans réduisent les apports d'engrais sur le cotonnier (constat 2). Une étude récente (Sanogo, 1997) a montré que l'efficacité de l'engrais azoté (N engrais utilisé par la plante et stocké dans le sol) évaluée à l'échelle du système de culture est accrue si cet engrais est apporté sur sorgho plutôt que sur cotonnier ; la recommandation des sociétés de développement n'est donc pas la plus judicieuse en termes de valorisation de l'engrais azoté (constat 3).

Partant de ces constats, la stratégie mise en œuvre est établie sur une utilisation judicieuse de l'engrais azoté dans le système de culture, sans en augmenter la dose, et sur un accroissement de la fumure organique par le fumier en quantité et qualité, tout en recommandant la fumure minérale P, K, B, S, préconisée sur cotonnier par la Cmdt.

Par simplification, on peut traduire la stratégie qui découle de ces trois constats en deux modalités de pratiques culturales. La modalité 1, qui se réfère au constat (1), est représentée schématiquement à la figure 1a et la modalité 2, qui se réfère aux constats (2) et (3), à la figure 1b. Ces deux modalités sont les suivantes :

- modalité 1 : l'agriculteur privilégie le cotonnier en le fertilisant (45 kg N/ha) et en lui apportant du fumier produit à partir des pailles de sorgho récoltées ; le sorgho, quant à lui, bénéficie de l'arrière-effet de cette fertilisation N du cotonnier ;
- modalité 2 : l'agriculteur opte pour une fumure du cotonnier par le fumier et pour une fertilisation azotée du sorgho à raison de 45 kg N/ha ; cette modalité lui permet de produire le maximum de fumier avec les pailles de sorgho récoltées. Le sorgho fertilisé par l'urée bénéficie donc aussi l'arrière-effet du fumier.

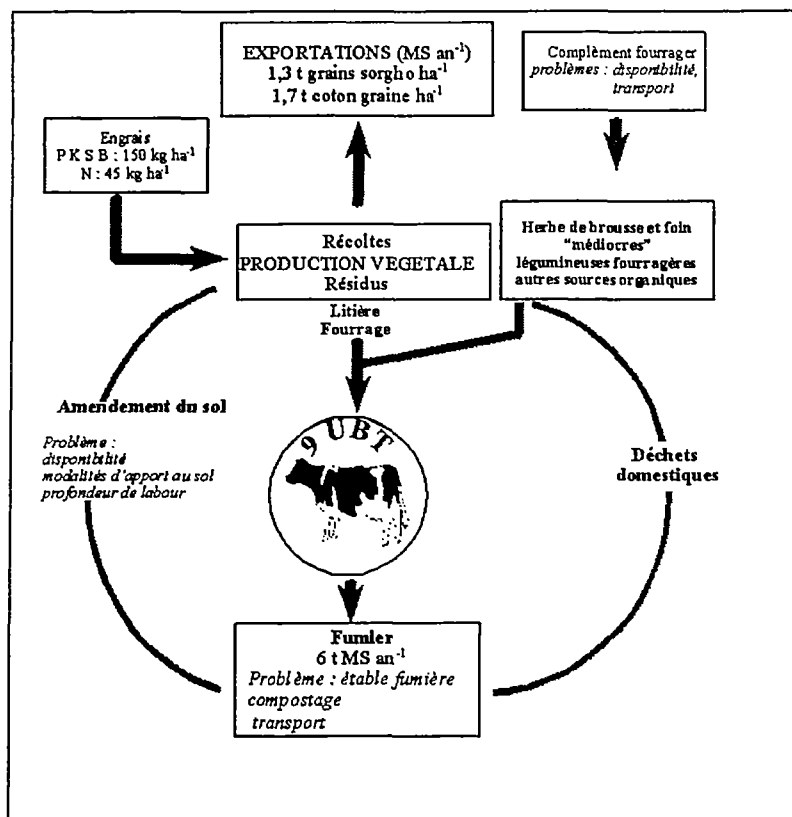
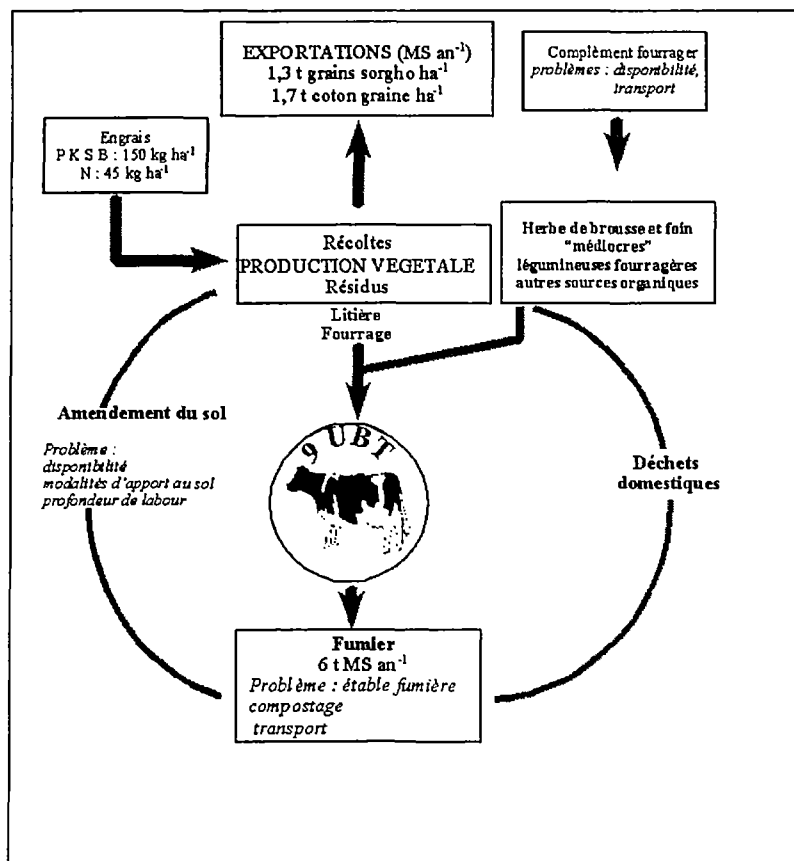


Figure 1. Durabilité du système de culture cotonnier-sorgho fondée sur l'intégration élevage-agriculture. Le fumier et l'engrais P, K, B et S sont apportés sur le cotonnier.

a. L'urée est apportée sur le cotonnier.



b. L'urée est apportée sur sorgho.

Faisabilité du fumier en milieu rural dans la zone écologique du Mali-Sud

Pour concevoir une politique de développement et d'utilisation réaliste du fumier, il est nécessaire que quatre conditions soient satisfaites : assurer la ressource fourragère, disposer de suffisamment de biomasse végétale pour la litière des animaux, pouvoir composter le fumier et l'apporter à des doses efficaces, pouvoir transporter le fumier au champ et l'incorporer dans le sol.

Offre et demande fourragère

L'agriculteur doit disposer d'une ressource fourragère suffisante en permanence pour son bétail, condition *sine qua non* pour assurer l'élevage bovin. Le bilan fourrager de l'exploitation, exprimé en nombre d'Ubt (Unité bétail tropical) qu'on peut alimenter moins le nombre d'Ubt présent dans l'exploitation, est fonction de l'utilisation du fourrage, conditionné par voie de stockage, et de la capacité de charge des pâturages naturels. La disponibilité de ces derniers est déterminée par le pourcentage d'occupation des terres par les cultures, par la présence éventuellement de jachères améliorées et par les infrastructures (moyen de transport, route, piste à bétail).

Au Mali-Sud, parmi les systèmes vulgarisés, la stabulation du bétail pendant la saison sèche et le début de la saison des pluies, est une pratique à double avantage : elle augmente la production de fumier et diminue temporairement la charge des parcours, permettant ainsi une charge supérieure en saison des pluies. Avec ce type de conduite du troupeau, les pourcentages moyens de terres cultivées (40 %) et de terres en jachère (13 %), et la charge animale moyenne (50 Ubt/km²) sont sensiblement les mêmes qu'avec le système de conduite habituel sans stabulation, mais le solde du bilan fourrager est supérieur.

La vulgarisation met l'accent sur l'amélioration des jachères et sur l'intérêt de leur exploitation sélective par pâture, par contre, l'introduction de la culture fourragère pure est déconseillée, car elle mobilise des terres agricoles indispensables aux paysans. Lorsque le taux des terres cultivées est élevé, l'introduction d'une culture fourragère en association avec une culture principale (maïs/dolique) ou l'introduction des systèmes intégrés avec ligneux fourragers, améliorent le bilan fourrager (Bosma *et al.*, 1993).

Disposer de suffisamment de biomasse végétale pour la litière

A l'instar du bilan fourrager, le bilan « litière » est la différence entre la disponibilité et les besoins. La disponibilité est constituée principalement des pailles de céréales non utilisées comme fourrage, mais aussi des tiges de cotonniers, des déchets de battage et des résidus divers. En zone soudanienne où domine la culture cotonnière, les disponibilités en pailles de céréales et tiges de cotonniers, alliées à la pratique d'un élevage plus sédentarisé, assurent un potentiel de production de fumier plus élevé qu'en zone sahélienne et déterminant dans la productivité des systèmes à base de cotonniers. Cependant, la disponibilité en litière peut poser un problème lorsque la jachère améliorée est insuffisante et que le bétail doit se nourrir, principalement, à partir des résidus de culture (Bosma *et al.*, 1993).

Pouvoir composter le fumier et l'apporter à des doses efficaces : quelques données chiffrées sur sa fabrication

La production de fumier composté par des bovins partiellement sédentarisés est facilitée par les pluies, essentiellement de juin à octobre, soit au maximum pendant 5 mois. Cependant, l'intensification de la production de fumier a conduit à rechercher d'autres types de stabulation. C'est le cas de la stabulation saisonnière, au Mali, pratiquée principalement en saison sèche, et adopté massivement par les agriculteurs (Bosma *et al.*, 1993). La décomposition des litières est alors assurée grâce à l'humidité des déjections animales, par un arrosage complémentaire et surtout par les pluies de début de saison.

Il existe peu de données dans la littérature permettant de prévoir la production Q de fumier en fonction des principales variables : $Q = f$ (nombre d'animaux, quantités de litière et de fourrage, durée de stabulation).

On peut, néanmoins, citer les travaux de Hamon (1972) et de Berger (1996). Le premier montre, pour le Sénégal, que 4 Ubt en stabulation de juin à octobre, utilisent pour la litière en stabulation, en plus de leur ration fourragère, 1,5 t de paille de mil, et produisent 2,6 t de Ms de fumier, déduction faite de la terre qui peut y être mêlée (terre humifère). Berger, montre qu'au Burkina, 5 Ubt en « parcs d'hivernage » pendant 5 mois, utilisent pour la litière de parc 4 t de Ms de tiges de sorgho provenant de 1 ha, et produisent 6 t de Ms de fumier. Ces deux auteurs trouvent sensiblement la même relation, c'est-à-dire : fumier Ms = k Paille Ms, avec $1,5 < k < 1,7$, mais un rendement r en fumier par Ubt supérieur pour la stabulation en parc d'hivernage ($r = 1,2$ t de Ms/Ubt versus $r = 0,65$ t/Ubt).

Simulation d'un système de production optimisé

L'illustration pour le Mali-Sud est la stabulation saisonnière (novembre - mai), la plus répandue. Les hypothèses de travail sont les suivantes :

- les pratiques culturales sont les pratiques des modalités 1 et 2 définies ci-dessus ;
- les résultats des rendements en sorgho (dont les pailles) et en cotonnier sont équivalents aux résultats obtenus dans un essai portant sur la rotation cotonnier-sorgho (tableaux I et II) — par souci de simplification, on fait correspondre la modalité 1 au sorgho sans urée venant après cotonnier recevant 5 t de fumier, et la modalité 2 au sorgho avec urée (45 N) venant après cotonnier recevant 10 t Ms/ha de fumier — les productions de pailles de sorgho ainsi prises en compte sont 5,4 t Ms/ha/an (modalité 1) et 7,4 t Ms/ha/an (modalité 2) ;
- le coefficient de transformation moyen de la paille en fumier retenu est $k = 1,6$ (cf. ci-dessus). Les productions de fumier ainsi obtenues sont les suivantes : 6,1 t Ms ha/an (modalité 1) et 8,5 t Ms ha/an (modalité 2) ;
- le rendement en fumier par Ubt retenu est de $r = 0,65$ (cf. ci-dessus) ; il permet d'estimer le nombre d'Ubt nécessaires.

En s'appuyant sur les résultats de l'essai longue durée et sur les valeurs de k et de r mentionnés ci-dessus, il est possible de procéder à une simulation de deux systèmes de production (figure 1). Cette simulation montre qu'il est réaliste de penser que 2 ha de terre en rotation cotonnier-sorgho (chaque année 1 ha de cotonnier et 1 ha de sorgho) peuvent alimenter en litière, et très partiellement en fourrage, 9,5 Ubt dans la modalité 1 et 13 Ubt dans la modalité 2, à condition d'assurer la ressource fourragère à partir d'autres espaces de production.

On voit que la modalité 2 est optimisée par rapport à la modalité 1. Cette optimisation résulte, rappelons-le, d'un mode d'apport raisonné du fumier et de l'urée dans le système de culture.

Tableau I. Effet de la fumure organique (fumier) combiné ou non à l'engrais azoté (urée) sur le rendement du cotonnier en rotation avec le sorgho.

Engrais kg N/ha	Fumier t Ms/ha	Rendements cotonnier kg Ms/ha	
		Coton-graine	Tiges
0	0	1013	1 284
	5	1616	2 308
	10	1903	2 818 (modalité 2)
45	0	1255	2 064
	5	1655	3 045 (modalité 1)
	10	1959	3 682

Source : Sanogo (1997).

Tableau II. Effet de l'engrais azoté (urée) sur le rendement du sorgho dans le système cotonnier-sorgho selon trois niveaux de fumure organique (fumier) du cotonnier.

Engrais kg N/ha	Fumier t Ms/ha	Rendements sorgho kg Ms/ha	
		Grain	Paille
0	0	1 091	3 351
	5	1 229	5 412 (modalité 1)
	10	1 436	5 980
45	0	1 232	5 550
	5	1 477	6 396
	10	2 096	7 432 (modalité 2)

Source : Sanogo (1997).

Discussion - conclusion

Les avantages comparés des deux modalités d'apport des fertilisants urée et fumier proposées ici sont analysés sur quatre critères : la production végétale, la production animale (en nombre d'Ubt), la durabilité du système (maintien de la fertilité du sol), les intrants (engrais et ressources fourragères).

Grâce à une optimisation de la production et de l'utilisation du fumier, la modalité 2 présente un certain nombre d'avantages (N sur le sorgho, fumier sur cotonnier) sur la modalité 1 (N et fumier sur cotonnier), pour un même investissement en engrais : elle permet un rendement du cotonnier égal sinon supérieur en coton-graine et accroît le rendement en grain du sorgho. Elle autorise, par ailleurs, une disponibilité en litière plus importante et, si la ressource fourragère peut être assurée, un nombre de bovins en stabulation plus important (13 Ubt contre 9 Ubt). D'après Sanogo (1997), seule la modalité 2, en fonction des résultats des tableaux 1 et 2, permet d'équilibrer le bilan de N dans le système de culture, elle contribue donc, grâce à l'apport plus important de fumier (+ 2,3 t Ms/ha/an), au maintien de la fertilité azotée du sol. Enfin, elle dégage une disponibilité en paille plus importante pour les besoins domestiques autres que les besoins pour l'élevage.

Pour assurer l'élevage bovin qui est la clé de la réussite du système de production préconisé, l'agriculteur doit disposer d'une ressource fourragère, condition *sine qua non*. Cette ressource fourragère provient principalement des pâturages naturels et également, de plus en plus, des espaces en jachère. La production fourragère des jachères peut être largement améliorée si les paysans en modifient la gestion : enrichissement des jachères par des légumineuses et/ou des graminées (« jachères améliorées »), contrôle des feux, contrôle du pâturage.

En conséquence, on peut affirmer que la fumure organique animale préconisée correspond à des transferts de fertilité importants, donc, à un certain niveau de perception de l'espace, terroir par exemple. S'il y a enrichissement dans un endroit du terroir, il risque fort d'y avoir appauvrissement dans un autre. Pour attester que le système cotonnier-sorgho, à partir d'une certaine dose de fumier apportée au sol, est durable, il est nécessaire de quantifier, à l'échelle du terroir par exemple, le transfert de fertilité qu'implique la fabrication de ce fumier (prélèvement de litière et surtout de fourrage). Pour Crétenet et al. (1994), ce transfert de fertilité serait même une des conditions de la durabilité des systèmes de culture à base de cotonnier : « dans un tel contexte de contraintes, il devient nécessaire d'élaborer la gestion de la fertilité à l'échelle du terroir villageois, autorisant ainsi des possibilités de transfert de fertilité du domaine sylvopastoral vers le domaine cultivé ».

Bibliographie

BERGER M., BELEM P., DAKOUO D., HIEN V., 1987. Le maintien de la fertilité des sols dans ouest du Burkina-Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. Coton et Fibres Tropicales, 42 : 201-207.

- BERGER M., 1996. L'utilisation de la fumure organique en Afrique soudano-sahélienne. Agriculture et développement, n° hors série, 1996.
- BOSMA R., BENGALI M., DEFOERT., 1993. Pour un système durable de production : augmenter le bétail. *In* POWELL, J.M. Rôle des ruminants au Mali-Sud, dans le maintien du taux de matière organique des sols.
- CMDT, 1993. Zonage Mali-Sud. Développement et gestion des ressources. Région de Koutiala. Découpage Mali-Sud selon le zonage gestion des terroirs. CMDT, Sikasso, Mali, Projet gestion des terroirs, 19 p.
- CRETENET M., DUREAU D., TRAORE B., BALLO D., 1994. Fertilité et fertilisation dans la région sud du Mali : du diagnostic au pronostic. Agriculture et Développement, 3 : 4-12.
- DRSPR, 1993. Comité technique régional de la recherche agronomique. Synthèse des résultats du DRSPR, Sikasso-Campagne 1992/93. Sikasso, Mali, DRSPR, 139 p.
- FERNANDEZ-RIVERA S., WILLIAMS T.O., RENARD C. (eds.), 1993. Elevage et cycle viable des éléments nutritifs dans les systèmes mixtes agriculture-élevage de l'Afrique sub-sahélienne. Conférence Internationale Cipea/Iica, 22-26 novembre 1993, Addis-Abeba, Ethiopie, 12 p.
- GIGOU J., GIRAUDY F., KONE M., NIANG M., 1998. Maintenir la fertilité du sol sous coton et céréales au Mali-Sud. Sustainability of cotton-cereals cultivation in Southern Mali. *In* 16^e Congrès mondial de Science du Sol, Symposium 14, Résumés, vol. 1, p. 286.
- GIRAUDY F., 1996. Résultats de l'enquête agricole permanente. Annuaire statistique 95/96. CMDT/SE, 17 p. HAMON R., 1972. L'habitat des animaux et la production d'un fumier d'une qualité en zone tropicale sèche. L'Agron. Trop. 27 : 592-607.
- SANOGO Z. J-L., 1997. Maîtrise de l'azote dans un système cotonnier-sorgho : prévision de la fumure organique et azotée en zone Mali-Sud. Thèse de doctorat Montpellier, France, ENSAM, 72 p.
- Spore, 1989. Agriculture et environnements : deux frères ennemis à réconcilier. Bulletin bimestriel du Centre technique de coopération agricole et rurale, 23 : 1-4.

Gestion de la fumure animale dans un terroir du sud-ouest du Niger

F. ACHARD*, M. BANOIN**, C. BARTHOLMEY*

*Ird, BP 11416 Niamey, Niger

**Faculté d'agronomie, université Abdou Moumouni, BP 10960, Niamey, Niger

Résumé. Gestion de la fumure animale dans un terroir du sud-ouest du Niger. Les pratiques de gestion de la fumure animale, la dégradation du fumier par les termites, ainsi que les transferts de fertilité et les surfaces fumées ont été étudiés sur le terroir de Ticko, situé dans le sud-ouest du Niger. Malgré une forte charge en bétail, les surfaces fumées sont relativement faibles : environ 10 % de la surface cultivée totale et 30 % de la surface cultivée par les agro-éleveurs qui seuls pratiquent la fumure animale. Les quantités de fumier déposées sur les surfaces fumées sont très élevées : 13 à 26 t de Ms/ha pour les bovins et autour de 10 t de Ms/ha pour les petits ruminants. Le reste des champs ne reçoit, en moyenne, que 150 kg de Ms/ha. Les quantités de fèces dégradées par les termites entre février et mai fluctuent de 39 à 46 % des quantités déposées. Les transferts de matière organique des pâturages naturels vers les champs représentent 410 t de Ms, soit 28,3 % des quantités de fumier produites sur le terroir.

Introduction

Dans les terroirs du sud-ouest du Niger, les jachères occupent encore une place relativement importante : 15 à 30 % de la surface agricole utile. Cependant, elles sont souvent mal réparties sur l'ensemble du terroir, et du fait du surpâturage, leur production herbacée et ligneuse est faible (Renard *et al.*, 1993 ; Achard et Abou, 1995 ; d'Herbès et Delabre, à paraître), de même que leur rôle dans la reconstitution de la fertilité (Pieri, 1989 ; Roose, 1991). Les jachères, par le cycle jachère-culture, participent donc peu au maintien de la fertilité des champs cultivés, ce rôle est dévolu au bétail ainsi qu'au recyclage des résidus de culture et des racines. Les animaux effectuent des transferts de matière organique et d'éléments minéraux des parcours naturels, jachères et brousse tigrée, vers les surfaces cultivées et, lors de la pâture des résidus de culture, et surtout du stationnement nocturne dans les parcs, déposent des quantités assez élevées de fèces et d'urine sur une partie des champs de l'exploitation.

Cet article présente les pratiques de gestion de la fumure animale sur un terroir du sud-ouest du Niger, Ticko, en abordant les pratiques de parcage nocturne, les surfaces fumées annuellement, les quantités de fumier déposées par unité de surface, le rôle des insectes, en particulier des termites, dans la dégradation du fumier. Il fournit, également, une évaluation, à partir de la contribution des diverses unités de pâture à l'alimentation animale, des quantités de matière organique (Mo), d'azote et de phosphore (N et P) transférées des pâturages naturels vers les champs cultivés.

Matériel et méthodes

Le terroir de Ticko est situé à 45 km au sud-ouest de Niamey, dans le canton de Torodi. Le climat est de type sahélo-soudanien avec une pluviosité annuelle moyenne, enregistrée à Torodi entre 1970 et 1997, de 552 mm (CV : 24,6 %).

Il est constitué, comme tous les terroirs de la région, par trois unités géomorphologiques principales : les plateaux recouverts d'une formation arbustive contractée, appelée brousse tigrée, les fonds de vallées et de longs glacis sableux en pente douce qui relient les plateaux aux bas-fonds et qui sont le domaine des champs et des jachères. La surface de chaque unité géomorphologique et l'occupation des sols ont été déterminées à partir du traitement d'une scène Spot XS prise le 3 novembre 1996.

A Ticko, on peut distinguer trois types d'exploitants agricoles : les agro-éleveurs peuls installés avant les années 80, les agriculteurs et quelques agro-éleveurs arrivés depuis la sécheresse de 1984, enfin les agriculteurs occasionnels, non résidents, à qui le chef de village a prêté un champ pour une courte durée. Seule la majorité des familles du premier groupe et quelques-unes du second, possèdent du bétail en quantité suffisante pour que celui-ci joue un rôle dans la fumure des champs.

Huit exploitations d'agro-éleveurs, représentatives de la diversité des situations (tableau I) ont été retenues pour les observations portant sur la gestion de la fumure organique et l'utilisation des ressources fourragères (suivis des circuits de pâture et du comportement alimentaire des troupeaux). La nutrition du bétail et la fumure organique ont été observées conjointement dans quatre exploitations, auxquelles ont été ajoutées deux exploitations pour la nutrition et deux exploitations où ont été mesurés uniquement les paramètres concernant la fumure organique.

L'étude des pratiques de fumure a été effectuée de mai 1996 à janvier 1998. Les observations ont porté sur les rythmes de parage saisonnier et journalier et les rythmes de rotation des parcs. Les surfaces fumées ont été mesurées ainsi que les quantités de déjections animales solides, encore appelées fèces (ou fumier), déposées pendant le séjour des animaux dans le parc. Ces dernières mesures ont été réalisées de novembre 1996 à mai 1997, puis de novembre 1997 à janvier 1998. Elles ne sont possibles, en effet, qu'en saison sèche car, dès l'arrivée des pluies, les coléoptères coprophiles, qui se multiplient, dégradent les bouses en quelques heures. Pendant ces périodes, 112 corrals bovins et 57 parcs de petits ruminants ont été suivis. Dans chaque corral ou parc, 10 placettes échantillons de 0,25 m² ont été disposées de façon aléatoire, le fumier présent dans chaque placette a été séparé de la couche superficielle de sable meuble par tamisage (maille 2 mm) puis pesé. La matière sèche a été déterminée par passage à l'étuve pendant 24 h de deux sous-échantillons.

Tableau I. Exploitants, nombre de personnes composant la famille, surface agricole utile (Sau), cheptel, surfaces fumées en saison sèche (Ss), saison des pluies (Sp) et annuellement, en hectares et en pour cent de la surface cultivée (novembre 1996 à novembre 1997) chez les six premiers exploitants.

Exploitants	Nb personnes	Sau (ha)		Cheptel			Surfaces fumées (ha)			
		Champ	Jachère	Bovins	Ovins	Caprins	en Ss (16/11-14/7)	en Sp (15/7-15/11)	Total annuel	% surf. cultivée
El Hadj Boukari [*]	26	26,0	8,3	38	15	37	0,72	0,19	0,91	3,5
Moussa Oumarou	30	16,7	1,0	35	33	39	0,96	0,17	1,13	6,7
Moussa Dioffo ^{**}	24	24,6	20,2	82	10	9	0,69	0,31	1,00	4,1
Halidou Alzouma	8	11,0	5,8	22	22	32	0,80	0,38	1,18	10,6
Boubacar Hama	15	16,0	6,8	16	15	37	0,31	0,09	0,40	2,6
Seybou Sambo	27	19,3	3,1	29	54	112	2,30	0,57	2,87	15,0
Abdouramane Salou	22	17,5	9,2	27	54	28				
Abdouramane Boulo	17	9,1		26	35	16				

^{*} 43,2 Ubt en novembre 1997 mais 56 Ubt de novembre 1996 à juin 1997. ^{**} Le gros du troupeau a passé 6,5 mois en transhumance entre novembre 1996 et novembre 1997.

Parallèlement, en 1997, deux expérimentations ont été conduites pour évaluer la dégradation des bouses et des fèces de petits ruminants au cours de la deuxième partie de la saison sèche, période où les termites sont très actifs. La première expérience a consisté à mesurer la quantité de fumier déposée dans 5 corral de bovins et 1 parc de petits ruminants, entre février et début avril, puis à reprendre les mesures le 25 mai avant les premières pluies. La deuxième, à placer des bouses sèches dans 9 tamis fermés, à raison d'un kg par tamis. Les tamis ont été installés le 26 février dans un placeau protégé par un grillage situé à l'intérieur d'un parc de bovins et retirés le 25 mai pour évaluer la quantité de fumier résiduelle.

La production fourragère des jachères du terroir a été évaluée en 1996 et 1997, à partir de la production herbacée, enregistrée sur 5 jachères à l'intérieur de 5 placeaux en défens et de 5 placeaux pâturés, et de la phytomasse résiduelle mesurée fin septembre sur un échantillon de 14 jachères d'âge divers. A la même période, il a été procédé à l'évaluation de la phytomasse herbacée des deux unités de végétation présentes sur les plateaux. Dans les champs, les quantités de paille de mil et d'adventices ont été mesurées dans 10 placeaux implantés sur des surfaces fumées et non fumées.

Les observations sur les troupeaux au pâturage ont été réalisées d'avril 1996 à décembre 1997 à partir de 65 suivis de pâture diurne et 15 de pâture nocturne pour les bovins, et de 29 suivis de pâture diurne pour les petits ruminants. Le cheptel présent sur le terroir a été recensé en début de saison sèche 1996, le nombre de bovins partis en transhumance ainsi que de la durée du séjour hors du village ont été évalués de mai 1996 à mai 1997.

Résultats

Pratiques de parcage

Le parcage nocturne des animaux est pratiqué toute l'année. En saison sèche, il s'effectue sur les champs, en saison des pluies dans une jachère mitoyenne destinée à être mise en culture l'année suivante.

Les bovins sont, pour la plupart, enfermés dans les corral de juin à fin mars. Les surfaces réservées à chaque animal varient de 3,8 à 7 m². En avril et mai, lorsque les ressources fourragères diminuent, certains éleveurs ne ferment plus le parc afin que les animaux puissent pâturer quand ils le désirent et même la nuit. Le stationnement nocturne dans les parcs est en général fractionné en 2 périodes : séjour dans le parc de la tombée de la nuit à 2 ou 3 heures du matin, pâture de 2 ou 3 heures à 6 ou 7 heures, retour au parc pour une nouvelle période de repos et la traite éventuelle, puis départ pour l'abreuvement et la pâture diurne entre 7h 30 et 8h 30. La durée de parcage nocturne varie peu entre la saison des pluies et la première partie de la saison sèche — août-septembre : 540 ± 45 mn (n = 13), novembre-décembre : 532 ± 18 mn (n = 22) et janvier-février : 509 ± 47mn (n = 8).

Les petits ruminants sont attachés la nuit durant toute l'année et ne pâturent pas la nuit. Les surfaces occupées par animal sont de 1,5 à 3 m². La durée de stationnement des petits ruminants sur les parcs est plus élevée que celle des bovins et est comprise entre 12 et 13 heures par nuit.

Les parcs de nuit sont déplacés selon un rythme régulier, sur la partie du champ destinée à être fumée au cours de l'année, afin de répartir les déjections sur toute la surface. Les rythmes de déplacement de saison des pluies sont peu différents des rythmes de saison sèche. Lors de la saison sèche 1996-1997, le rythme de rotation des parcs de bovins de quatre éleveurs sur six se situait entre 13 et 20 jours. C'est le rythme adopté par la majorité des éleveurs du terroir. Les deux autres éleveurs de l'échantillon avaient des comportements totalement différents : Seybou Sambo déplaçait ses parcs tous les quatre jours alors que Halidou Alzouma laissait le parc en place pendant près d'un mois. Le rythme de rotation des parcs de petits ruminants est semblable à celui des bovins.

Les surfaces fumées annuellement dépendent :

- du nombre de têtes de bétail de l'exploitation ;
- du temps passé par le troupeau bovin sur le terroir et en transhumance, lui-même lié aux ressources fourragères annuelles ;
- des quantités de fumier par unité de surface souhaitées par l'éleveur, donc de la surface réservée à chaque animal dans les parcs et du rythme de leur rotation.

Tous les champs appartenant aux exploitations qui pratiquent la fumure animale ne sont pas fumés. Le plus souvent, un seul champ (le champ collectif dans le cas d'une exploitation gérée par un groupe familial) dans sa totalité ou sur une portion de surface, bénéficie de la fumure. Seule une partie (20 % à 25 %) des terres fumées reçoit de la fumure une année donnée. Dans l'ensemble, les surfaces fumées annuellement sont faibles (tableau I), et ne sont pas proportionnelles au nombre d'Ubt (Unité bétail tropical) appartenant à l'exploitation pour les diverses raisons exposées plus haut. Mis à part le cas de Seybou Sambo, déjà signalé, dont la surface fumée atteint près de 3 ha, les surfaces fumées des cinq autres exploitations se situent entre 0,4 et 1,18 ha et représentent en moyenne 5,9 % de leur surface cultivée. Ces agriculteurs estiment qu'avec les doses élevées de fumier déposées sur les champs, (11 à 25 t de ms/ha pour les bovins, 7 à 11 t de ms/ha pour les petits ruminants), l'effet de la fumure se prolonge pendant 4 à 5 ans ; sur cette base, la surface totale habituellement fumée représenterait environ 24 à 30 % de leur surface cultivée.

Les quantités de fumier déposées dans les parcs de bovins sont supérieures aux quantités mesurées dans les parcs de petits ruminants. Dans les deux cas, elles varient au cours de la saison sèche et d'une saison sèche à l'autre (tableau II).

Tableau II. Quantités moyennes de fumier (g de ms/m²) mesurées par unité de surface dans les parcs de saison sèche, selon les périodes et intervalle de confiance à 95 %, nombre d'échantillons de ¼ de m².

Eleveurs	Fumier (g de Ms/m ²)					
	Novembre 96 - 15 mars 97		16 mars - mai 97		Novembre 97 - janvier 98	
Périodes	Bovins	Petits ruminants	Bovins	Petits ruminants	Bovins	Petits ruminants
El Hadj Boukari	2244±370 n=40		1392±174 n=60		1288±256 n=56	
Moussa Oumarou	2576±150 n=21	1008±125 n=35	1232±203 n=50	536±48 n=10	1060±296 n=35	432±40 n=10
Moussa Dioffo	1117±225 n=20		854±258 n=20		1168±184 n=43	
Halidou Alzouma	1332±361 n=30	1092±86 n=14	*	nd	1232±336 n=33	743±242 n=15
Boubacar Hama	1800±424 n=30	nd	*	nd	1280±336 n=22	784±156 n=35
Seybou Sambo	940±160 n=62	632±62 n=67	688±92 n=60	424±63 n=50	924±164 n=64	452±80 n=32

*plus de parcage bovins à partir de mars.

Saison sèche 1996-1997

Le déficit fourrager s'accroissant en fin de saison sèche, les quantités de fumier mesurées de la mi-mars à la fin mai chez les exploitants qui continuent à parquer leurs animaux sont plus faibles : moins 33 % pour les bovins et moins 44 % pour les petits ruminants par rapport aux quantités mesurées au cours de la période précédente, bien que la surface, la durée des parcs et le nombre d'animaux soient semblables (tableau III).

En dehors du cas de Moussa Dioffo, dont le troupeau est parti en transhumance pendant près de 3 mois au cours de la saison sèche, on observe trois types de pratiques chez les cinq autres éleveurs.

Halidou Alzouma et Boubacar Hama possèdent un cheptel relativement faible (21 à 24 Ubt). Le rythme de rotation des surfaces fumées est de 4 à 5 ans. Les quantités de fumier mesurées dans leurs parcs, de novembre à mars, varient de 13 à 18 t de Ms/ha pour les bovins et sont égales à 11 t de Ms/ha pour les petits ruminants. Après la mi-mars, les parcs de petits ruminants n'ont pu être suivis et ces deux éleveurs ont arrêté de parquer les zébus. Ils ont estimé que, d'une part, les quantités de fumier déposées par nuit dans les parcs étaient trop faibles, et d'autre part, qu'il fallait augmenter le temps de pâture pour compenser la rareté des ressources fourragères.

Tableau III. Evolution au cours de la saison sèche des stocks de fumier déposés entre février et début avril 1997 sur les parcs de bovins et petits ruminants (petits ruminants).

Eleveur	Bovins ou petits ruminants	Date pesée 1	Fumier (g de Ms/m ²)	Date pesée 2	Fumier (g de Ms/m ²)	1 moins 2 (g de Ms/m ²)	1 moins 2 % de 1
El Hadj Boukari	Bovins	14/3	1800± 449	26/5	1251±301	549	31
Moussa Oumarou	"	20/2	2283±1015	27/5	816±121	1467	64
	"	17/3	1542± 668	27/5	867±150	675	44
Halidou Alzouma	"	12/2	1378±1111	22/5	740±251	638	46
Boubacar Hama	"	26/2	1865±942	23/5	1428±538	437	23
total bovins			1674±324*		1028±104*	646	39
Moussa Oumarou	Petits ruminants	7/4	534±193	27/5	449±104	85	19

* avec respectivement n = 51 et n = 98.

El Hadj Boukari et Moussa Oumarou, avec plus de 40 Ubt, n'arrêtent pas le parcage en fin de saison sèche. Ils pratiquent une rotation des surfaces fumées sur 5 ans. Les quantités de fumier déposées dans leurs parcs sont élevées, elles se situent, pour les bovins, entre 22 et 26 t de Ms/ha de novembre à mars et entre 12 et 14 t par la suite, pour les petits ruminants, les quantités de fumier sont de l'ordre de 10 à 5 t de Ms/ha.

Seybou Sambo, enfin, a une stratégie de fumure radicalement différente de la majorité des agro-éleveurs de Ticko. Il estime qu'il est plus efficace, dans les conditions édaphiques et climatiques du terroir, de fumer des surfaces plus importantes avec des quantités de fumier plus faibles. Cet agriculteur, qui possède un cheptel assez important (43,6 Ubt), fume des surfaces assez élevées (environ 3 ha/an) avec un rythme bi ou tri annuel et avec des quantités variant, pour les bovins, de 10 t pour la première partie de la saison sèche à 7 t de Ms/ha en deuxième partie, et pour les petits ruminants de 6 à 4 t de Ms/ha.

Saison sèche 1997-1998

A la suite de la mauvaise saison des pluies de 1997 (une pluviométrie annuelle de 360 à 430 mm selon les quartiers et des précipitations mal réparties) trois éleveurs EL Hadj Boukari, Moussa Oumarou, Boubacar Hama ont cherché à diminuer les quantités de fumier déposées, par rapport à 1996, à la même période en 1996, en augmentant la surface des parcs et en accélérant le rythme de rotation de ces derniers. En revanche, Seybou Sambo et Halidou Alzouma n'ont pas modifié leur façon de faire. Les quantités de fumier de bovin déposées dans les parcs des six agro-éleveurs restent relativement proches : 9,2 à 12,9 t de Ms/ha, alors que celles des petits ruminants fluctuent entre 4,3 et 7,8 t de Ms/ha.

Dégradation des fèces au cours de la saison sèche

MESURES EFFECTUÉES SUR LES PARCS BOVINS ET PETITS RUMINANTS

Dans les cinq parcs bovins, les quantités de fumier mesurées en fin de saison sèche ne représentent en moyenne que 61 % des quantités déposées au cours des mois de février et mars précédents. Cette diminution est variable selon les parcs (coefficient de variation de 38 %). Pour les petits ruminants, la perte semble inférieure, mais cette année-là, les mesures n'ont porté que sur un seul parc.

MESURES EFFECTUÉES DANS LES TAMIS

Au 25 mai, 88 jours après la mise en place des tamis, il ne reste en moyenne que 540 ± 146 g de fumier (à 97 % de matière sèche), la dégradation s'élève à 46 % de la masse de départ (1 000g). Elle est proche de la dégradation mesurée sur les parcs. La quantité de terre apportée par les insectes est de 1248 ± 532 g par kg de fumier déposé. Sur cette base, et à partir des quantités moyennes de fumier déposées par m² dans les parcs de bovins, la quantité de terre remontée en surface par les termites se situerait entre 1 173 et

3 215 g/m². Elle contient un taux d'argile et de limons de 12,3 % (n = 3, écart-type 2,15), taux légèrement supérieur à celui de l'horizon superficiel (0 - 30 cm) du sol du parc de 10,1 %, et égal à celui de la couche 30 - 70 cm de 12,2 %.

Transferts de matière organique

Le terroir a été divisé en trois grandes unités de pâture : les plateaux (2 700 ha), les jachères plus les surfaces en végétation naturelle : bords de ravine et de bas-fonds (1 573 ha), et les champs cultivés (2 651 ha). Elles recouvrent 93 % de la surface totale, le reste étant constitué par des sols érodés sans végétation.

En 1996, les pluies (598 mm), ont été assez bien distribuées et proches de la moyenne des années 1970 à 1997 à Torodi. La production fourragère de cette année peut donc être considérée comme moyenne et servir de référence. La production fourragère totale consommable des formations naturelles et des champs (résidus et adventices) est égale à 2 869 t de matière sèche, dont 1 038 t de Ms pour les formations ligneuses et 1 831 t de ms pour les champs, avec des coefficients d'utilisation de 35 % pour les herbacées et 25 % pour les tiges de mil (Boudet, 1986). Il faut ajouter à cela 139 t de matière sèche (20 kg ms/ha selon les estimations de Hiernaux *et al.*, 1998) fournies essentiellement par les repousses de *Guiera senegalensis*, présents sur les trois unités de pâture. Les champs apportent 36 % des ressources fourragères annuelles. La capacité de charge du terroir est égale à 1 648 Ubt, soit 4,2 ha de surface fourragère par Ubt, avec une consommation annuelle moyenne de 1 825 kg de ms/Ubt (Guérin *et al.*, 1991). La charge réelle, environ 1 673 Ubt, en tenant compte de la transhumance, est proche de cette valeur. En 1997, à partir de mai, il ne restait pratiquement plus de paille (dressée ou à l'état de litière) sur les jachères et les plateaux, tout avait été consommé par le bétail ou par les termites, et peu de résidus sur les champs, une grande partie des bovins était en transhumance.

Sur l'ensemble de l'année, les bovins passent 65,4 % de leur temps dans les champs, et 51,2 % du temps passé aux champs, l'est dans les corrals, les petits ruminants sont à 70,3 % du temps dans les champs, dont 73,6 % dans les parcs. Les quantités de fumier produites par jour et par animal, de même que l'excrétion de N et de P, qui ont servi à évaluer les quantités totales déposées annuellement sur les champs, sont issues des travaux des chercheurs de l'Illi au Niger (Fernandez-Rivera, com. pers.). Sur ces bases, la production annuelle de fumier par le cheptel du terroir (tableau IV) s'élève à 1 449 tonnes de Ms (avec 29 467 kg de N et 3 824 kg de P) soit environ 50 % de la phytomasse ingérée. En fonction du temps passé dans les divers milieux, et du fait que la production nocturne de fumier est plus faible que la production journalière (Schlecht, 1995 ; Fernandez-Rivera, com. pers.) 924 t de Ms sont déposées sur les champs (tableau V), 478 t de Ms sur les jachères et les plateaux, et 47 t de Ms sur les pistes et près des points d'abreuvement. La production de fumier dépend des quantités de fourrages consommées et de leur digestibilité (Guérin *et al.*, 1991), la production permise par les champs s'élève à 514 t de Ms. Les transferts de Mo ont été calculés par différence entre les quantités déposées et les quantités produites (924 t de ms - 514 t de Ms) et sont de l'ordre de 410 t de Ms. Les quantités transférées représentent 28,3 % des quantités totales de fumier produites sur le terroir, et 44 % des quantités produites à partir des jachères et des plateaux, elles apportent 8 338 kg d'N et 1 082 kg de P.

La fumure de la zone cultivée

Une partie de la zone cultivée est fumée intensivement par le biais des parcs de bétail, l'autre reçoit de petites quantités de fumier lors de la pâture des résidus de culture ou du séjour des animaux dans les champs. Les quantités de fumier répandues sur les champs par les bovins et les petits ruminants sont égales respectivement à 561 t de Ms et 363 t de Ms (tableau V), les quantités déposées dans les corrals ou parcs ont été calculées au prorata du temps passé dans les parcs par rapport au temps total passé dans les champs. Elles s'élèvent à :

– bovins $561 \text{ t} \times 0,512 = 287 \text{ t de Ms ;}$

– petits ruminants $363 \text{ t} \times 0,736 = 267 \text{ t de Ms.}$

Les surfaces fumées intensivement par les bovins — en prenant une valeur moyenne, tirée de l'échantillon des six exploitations, de 15 t de Ms/ha — sont égales à 19,1 ha. Pour les petits ruminants (8 t de Ms/ha) les surfaces fumées sont de 33,4 ha. La surface totale fumée intensivement

s'élève donc à 52,5 ha/an, soit 2 % des surfaces cultivées. Selon que l'« effet fumier » dure 4 ou 5 ans : 8 à 10 % des terres cultivées seraient fumées continuellement. Les surfaces restantes reçoivent annuellement 274 t de ms de fumier de bovin et 96 t de ms de fèces de petits ruminants, c'est-à-dire environ 150 kg de ms/ha.

Tableau IV. Cheptel de Ticko, production annuelle de fumier, de matière organique (Mo), d'azote (N) et de phosphore (P), N et P / tonnes de fumier*.

Espèces et effectifs	Fumier t Ms	Mo t Ms	Mo % Ms	N kg	N kg/t fumier	P kg	P kg/t fumier
Bovins 1368 Ubt	902	649	72	14 938	16,6	2161	2,4
Caprins 1531 (20 kg)	225	167	74	6 246	27,8	704	3,1
Ovins 1831 (25 kg)	322	225	70	8 283	25,7	959	3,0
Total	1449	1041		29 467		824	

* d'après les résultats de Salvador Fernandez-Rivera, ILRI, Niger (comm. pers.).

Tableau V. Temps passé sur les champs en % du temps total et quantités annuelles de fumier, d'N et de déposées sur les champs par espèce animale.

Espèce et effectifs	temps/champs %	Fumier (t Ms)	N (kg)	P (kg)
Bovins 1368 Ubt	65,4	561	9 279	1 346
Caprins 1531 (20 kg)	70,3	151	4 192	473
Ovins 1831 (25 kg)	70,3	212	5 453	632
Total		924	18 924	2 451

Discussion

Le terroir de Ticko, comme tous les terroirs de la région de Torodi, est caractérisé par l'importance du cheptel qu'il héberge, soit près de 2 000 Ubt, dont 1 700 résidant en continu sur la surface fourragère, c'est-à-dire une charge de 24 Ubt/km². Cette charge correspond à la charge annuelle maximale que peut supporter le terroir. Les déficits alimentaires, habituels même en année normale, commencent à apparaître en février pour devenir critiques à partir du mois d'avril jusqu'aux environs du 15 juillet. Le recours à la transhumance est de plus en plus fréquent pour les troupeaux bovins ; traduit en Ubt/an, il équivaut à 17 % du cheptel bovin pour l'année 1996 (et de l'ordre de 25 % pour l'année 1998). Les agro-éleveurs retardent cependant au maximum le départ des troupeaux, même si la productivité du bétail doit en souffrir, car ils considèrent que le rôle des animaux dans le maintien de la fertilité de leurs terres est primordial.

La production des surfaces fourragère est relativement faible, elle est proche de 500 kg de Ms/ha sur les plateaux (39 % de la surface fourragère), et ne dépasse pas 2 500 kg de Ms/ha sur les jachères. La végétation de ces dernières, dégradée à la suite du surpâturage qu'elle subit en début de saison des pluies, comme l'ont montré Hiernaux et al.(1998) pour les terroirs de la région de Banizoumbou, est

constituée à raison de 33 % en moyenne par *Zornia glochidiata*, légumineuse peu productive, caractéristique des jachères surpâturées (Achard et Abou, 1993).

Malgré l'importance du cheptel, les surfaces fumées intensivement sont faibles, que ce soit par rapport à la surface cultivée du terroir ou par rapport à la surface cultivée des agro-éleveurs. Cela est dû, en partie au moins, au fait que les quantités de fumier déposées annuellement sur les surfaces fumées sont très élevées par rapport à ce qui se pratique dans d'autres terroirs (De Rouw *et al.*, 1998). Les éleveurs, interrogés sur cette façon de faire, expliquent que ce niveau de fumure permet de restaurer la fertilité du sol pour une durée de 4 à 5 ans avec un travail réduit de déplacement des parcs.

La question du bien-fondé de cette pratique de fumure peut être posée. En effet, Brouwer *et al.* (1998) ont montré que dans les sols très sableux semblables à ceux de Ticko il y avait, pour des quantités de fumier supérieures ou égales à 10 t de Ms/ha, un lessivage important du carbone organique, de l'azote et du phosphore dans les couches profondes du sol (au-delà de 1,5 m) au cours de la saison des pluies et de la saison sèche qui suivent l'apport de fumier, et donc une perte pour la culture du mil suivante. De même, à Ticko, l'éleveur Seybou Sambo, à contre courant de tous les autres, estime d'après son expérience personnelle, qu'il est plus judicieux d'appliquer, avec un rythme bisannuel, une fumure bien inférieure aux quantités couramment pratiquées par les exploitants du terroir, malgré le surcroît de travail constitué par le déplacement des parcs tous les quatre jours. Les quantités de mil récoltées par ha ne sont jamais très élevées, par rapport aux quantités obtenues par les autres agro-éleveurs lors des première et deuxième années après la fumure, en conditions de pluviosité normale, mais elles sont relativement régulières quelles que soient les fluctuations des pluies.

Enfin, si jusqu'à l'année 1997 ces pratiques de fumure semblaient immuables pour la majorité des agro-éleveurs du terroir, elles ont été modifiées à la suite de la mauvaise saison des pluies de 1997 après avoir constaté, semble-t-il, l'effet dépressif de grosses quantités de fumier sur la croissance et le rendement du mil. Au début de la saison sèche suivante les agriculteurs qui pratiquaient les fumures les plus élevées ont diminué les quantités de fumier déposées par unité de surface de 30 à 60 % par rapport à l'année précédente.

Le suivi pluriannuel de la production de mil sur les surfaces fumées intensivement chez les six éleveurs, constituant l'échantillon, a été mis en place à partir de 1996. Il devrait pouvoir apporter quelques éléments de réponse à la question posée plus haut.

En fin de saison sèche, la dégradation des fèces, en particuliers ceux des bovins, est importante. Les premières mesures effectuées en 1997 ont montré que 39 à 46 % du fumier déposé en février avaient disparu à la fin du mois de mai. Cette dégradation est due partiellement à des causes diverses : piétinement par les animaux, exportations par les coléoptères coprophiles, dégradation microbienne, mais est principalement liée à la consommation par les termites. En effet, les populations de coléoptères, principaux consommateurs en saison des pluies et post saison des pluies, sont réduites à cette période. La dessiccation très rapide des bouses, qui passent de 25 % de matière sèche au moment de l'excrétion à 93 % quarante huit heures après, limite leur consommation par ces espèces comme le signale Rougon (1987), de même que leur réduction en poussière par le piétinement. Les valeurs trouvées à Ticko sur la consommation des fèces par les termites et les remontées de terre dans les bouses sont proches des valeurs observées par Herrick et Lal (1996) sur un pâturage de la zone semi-aride du Costa Rica : 40 % de la quantité des bouses sont exportées en 140 jours pendant la saison sèche et le transfert de terre équivaut à 1,6 kg par kg de bouse consommée. Elles sont inférieures à celles mesurées par Omaliko (1981) au Nigeria par Ikpé *et al.* (1994), au Centre sahélien de l'ICRISAT, proche de Niamey. Le premier constate que les termites ne s'attaquent pas ou peu aux bouses en saison humide, mais peuvent faire disparaître 80 % de celles-ci en un mois de saison sèche, le deuxième que 56 à 86 % des fèces de petits ruminants, enfouis en saison sèche ont été consommés par les termites à la fin de cette période. La consommation des déjections du bétail par les termites est un des éléments majeurs intervenant dans le système de fumure en vigueur sur le terroir, comme en attestent les résultats de 1998. Est-elle fonction de la quantité de fumier déposée par unité de surface ? Quel est le devenir de la matière organique consommée par les termites et quelle est la portion recyclée et disponible pour la culture du mil ? Ces questions doivent être étudiées à partir de 1998.

Conclusion

La fumure par le bétail, telle qu'elle est pratiquée à Ticko, et dans les terroirs du sud-ouest du Niger où l'élevage tient une place importante, est limitée à une faible portion des terres cultivées et ne peut constituer qu'un élément parmi d'autres, du maintien de la fertilité sur le terroir. La charge animale a atteint son maximum et le système fonctionne uniquement parce que les agro-éleveurs — ne représentant qu'une partie des exploitants — bénéficient dans le cadre de la vaine pâture de la totalité des ressources fourragères des jachères et des champs cultivés par les agriculteurs sans cheptel. Les transferts de matière organique qui leur permettent de maintenir la fertilité sur environ 30 % de leurs terres cultivées s'effectuent aux dépens des jachères mais aussi des champs des agriculteurs sans bétail.

Il semble cependant qu'il soit possible d'augmenter l'efficacité de la fumure organique et les surfaces concernées par une meilleure gestion des quantités de fumier produites ainsi que par une amélioration et une meilleure gestion de la production fourragère des champs et des jachères.

Références bibliographiques

ACHARD F., ABOU I., 1996. La jachère dans les zones d'occupation anciennes du canton de Torodi, Niger : le cas du terroir de Ticko. Niamey, Niger, faculté d'agronomie, 20 p.

BOUDET G., 1986. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. IEMVT-Ministère de la coopération, Paris, 254 p.

BROUWER J., POWELL J.M., 1998. Micro-topography, water-balance, millet yield and nutrient leaching in a manuring experiment on sandy soil in south-west Niger. In G. Renard, A. Neef, K. Becker, M. von Oppen (eds.). Soil Fertility Management in West Africa Land Use Systems. Niamey, Niger, 1997, p 349-359.

DELABRE E., d'HERBÈS J.M. (à paraître). Post-cultivation phytodynamics in South West Niger. Consequences for management.

De ROUW A., RAJOT J.L., SCHMELZER G., 1998. Effet de l'apport de bouses de zébus sur les composantes du rendement du mil (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br.), les mauvaises herbes et l'encroûtement superficiel du sol (Niger). In A. Biarnès, (ed. Sc.). La conduite du champ cultivé - Points de vue d'agronome. Paris, France, coll. Colloques et Séminaires, ORSTOM, p 95-112.

GUÉRIN H., FRIOT D., MBAYE Nd, RICHARD D., 1991. Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliers et sahélo-soudaniens. Etude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal. Maisons-Alfort, France, IEMVT, 115 p.

HERRICK J.E., LAL D., 1996. Dung decomposition and pedoturbation in a seasonally dry tropical pasture. Biology and Fertility of Soils, 23 : 117-181.

HIERNAUX P., FERNANDEZ-RIVERA S., SCHLECHT E., TURNER M.D., WILLIAM T.O., 1998. Livestock-mediated nutrient transfers in Sahelian agro-ecosystems. In Soil Fertility Management in West Africa Land Use Systems. G. Renard, A. Neef, K. Becker, M. von Oppen (eds.). Niamey, Niger, 1997, p 339-347.

IKPE F.N., POWELL J.M., ISIRIMAH N.O., 1994. Labour préalable et recyclage des substances nutritives dans des systèmes de production mixte en zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest (SAWA). Montpellier, France, Réseau érosion, bull. 14, ORSTOM, p. 624.

OMALIKO C.P., 1981. Dung deposition, breakdown and grazing behavior of beef cattle at two seasons in a tropical grassland ecosystem. J. Range Management 34 : 360-362.

PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savanes : bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Paris, France, Ministère de la coopération et du développement, CIRAD-IRAT, 444 p.

RENARD C., BOUDOURESQUE E., SCHMELZER G., BATIONO A., 1993. Evolution d'une jachère sur une période de 8 ans à Sadoré, Niger. Composition botanique et régénération forestière. In C. Floret, G. Serpentini (eds.). La jachère en Afrique de l'Ouest. Paris, France, coll. Colloques et séminaires, ORSTOM, p 297-306.

ROOSE E., 1991. Capacité des jachères à restaurer la fertilité des sols pauvres en zone soudano-sahélienne d'Afrique occidentale. p 233- 244.

ROUGON D., 1987. Coléoptères coprophiles en zone sahélienne : étude biocénotique, comportement nidificateur, intervention dans le recyclage de la matière organique du sol. Thèse doctorat, France, université d'Orléans, faculté des sciences, 324 p.

SCHLECHT E., 1995. The influence of different levels of supplementation on feed intake and nutrient retention of grazing zebu cattle in Sahelian agro-pastoral systems. Ph.D. dissertation, Hohenheim University, Verlag Shaker, Aachen, Germany, 200 p.

L'agro-élevage des Foulbés de Ngaoundéré (Adamaoua camerounais)

Les évolutions des relations entre l'agriculture et l'élevage

J. BOUTRAIS

Ird - Ehess, 54 Bd. Raspail 75 006, Paris, France

Résumé. L'agro-élevage des Foulbés de Ngaoundere (Adamaoua camerounais). Les évolutions des relations entre l'agriculture et l'élevage. L'intérêt actuel des développeurs pour l'association entre l'agriculture et l'élevage en Afrique sub-saharienne met en valeur les systèmes traditionnels qui réunissent déjà les deux activités. C'est le cas de nombreux systèmes de production de Peuls sédentarisés, notamment celui des Foulbés de Ngaoundéré, aux environs de la capitale de l'Adamaoua (Cameroun). Elevage bovin transhumant et agriculture du sorgho sont associés ici par le biais de la culture attelée, de la fumure animale et de la mise en clôture des champs. La culture attelée s'est généralisée en l'absence de culture de rente mais en valorisant un capital en cheptel et des compétences vis-à-vis des animaux, ce qui est un cas tout à fait intéressant, par opposition aux systèmes cotonniers soudanais. Cependant, la culture attelée se limite aux labours avant semis, avec le double objectif de faciliter ces semis mais également les sarclages. La fumure animale est une technique bien maîtrisée pour gérer deux effets contradictoires : le maintien de la fertilité du sol et le risque d'enherbement des cultures. Pour les concilier, les Foulbés privilégient une fumure par parage de courte durée en début de saison des pluies. Quant à la mise en clôture des champs, elle prend des formes diverses et passe par une « domestication » de matériels végétaux d'emprunt. Contrairement aux apparences, il semble que cet agro-élevage n'est pas ancien, notamment pour deux de ses composantes : l'édification des clôtures et la culture attelée. L'une et l'autre correspondent à une importance plus grande de l'élevage dans l'économie familiale des Foulbés et à la perte d'une main-d'œuvre servile. L'histoire de l'introduction de la culture attelée en Adamaoua est celle d'échecs répétés puis d'une réussite rapide, dès lors que les Foulbés durent pallier la défection de leur force de travail habituelle. Malgré la réussite globale de cet agro-élevage, il ne résout pas parfaitement quelques contradictions entre agriculture et élevage, notamment à deux périodes de l'année. En début de saison sèche, la longue attente de la récolte tardive du sorgho contraint à éloigner les troupeaux pour une première phase de transhumance parfois mal vécue du côté de l'élevage. Au contraire, l'importance accordée à la fumure de début de saison des pluies se traduit par un retour précoce des troupeaux, alors que les pâturages du plateau ne sont pas encore reconstitués : c'est une nouvelle période difficile pour le bétail. Actuellement, l'agro-élevage des Foulbés de Ngaoundéré se transforme par des innovations surtout agricoles : substitution rapide du maïs au sorgho, utilisation d'engrais, recours aux labours par tracteur. Du côté de l'élevage, l'édification de petits barrages et la fabrication de foin aboutiront peut-être au même résultat : le développement des deux activités mais de façon séparée. Ce serait alors la fin d'une combinaison originale de l'élevage à l'agriculture, qui fut une réponse à un bouleversement de la société des Foulbés à la fin de la période coloniale.

Introduction

Pour les agronomes, les relations idéales entre élevage et agriculture en milieu tropical se caractérisent par une association des deux activités. Les spécialistes parlent alors d'agro-pastoralisme, expression curieuse et assez contradictoire car le pastoralisme implique, quant à lui, une spécialisation dans l'élevage qui exclut toute activité agricole. Dans un système d'agro-élevage, l'élevage (surtout sédentaire) assure une fonction essentielle d'entretien de la fertilité des sols cultivés, par le biais des déjections animales.

D'une part, les bovins valorisent les résidus de culture sur place, après l'enlèvement des récoltes, et les transforment rapidement en éléments fertilisants. D'autre part, en pâture à l'écart des espaces cultivés puis en revenant stationner, la nuit, auprès des habitations, ils assurent un transfert de fertilité, des brousses périphériques vers les centres des terroirs. L'élevage offre ainsi une alternative séduisante à la reconstitution de la fertilité des sols par de longues jachères dans les systèmes extensifs (Landais, Lhoste et Guérin, 1991).

Cependant, le support à l'agriculture par la fumure animale traditionnelle comporte des limites. Dans le dispositif habituel, un cheptel, même nombreux, ne suffit pas à fumer toutes les parcelles. La fumure bénéficie d'abord aux terres centrales du terroir, cultivées en permanence. Les autres sont soumises à une alternance cultures-jachère dans laquelle le bétail intervient peu. Lorsque les cultures s'étendent aux dépens des pâturages, seule une partie du cheptel d'autrefois peut être maintenue sur place et l'étendue des terres fumées se restreint d'autant (Piéri, 1989). La technique traditionnelle de fumure s'accompagne d'une déperdition importante d'éléments fertilisants. En saison sèche, elle se réduit à une pellicule superficielle de « poudrette », éléments fins et pulvérulents issus des déjections animales desséchées et piétinées. Il est habituel de rappeler que cette fumure a peu de points communs avec un véritable fumier.

A partir de ce constat, la technique dite de l'étable fumière ou du parc d'hivernage a été conçue par la recherche agronomique et diffusée en de nombreuses régions de savanes, par exemple au Burkina Faso. Elle consiste en une attache des animaux aux lieux de stationnement, un apport régulier de tiges de sorgho, un arrosage du mélange accumulé dans une cavité pour éviter son dessèchement, enfin un transport du fumier sur le champ à cultiver au cours de la seconde année. Mais cette technique astreignante semble rencontrer des difficultés pour être généralisée en régions de savanes, la production régulière de fumier supposant que l'alimentation du bétail soit assurée sur place à longueur d'année (Tersiguel, 1995).

Au lieu d'appliquer un modèle technique conçu d'après des références européennes (la fabrication d'un fumier qui ressemblerait au fumier utilisé par les agriculteurs européens au début de ce siècle), pourquoi ne pas chercher des leçons auprès d'agro-élevages qui fonctionnent déjà, en zone soudanienne, de façon à évaluer leurs possibilités d'extension ou de transfert ? Parmi ces systèmes figurent ceux des Peuls sédentaires, localisés depuis le Sénégal jusqu'au Cameroun, en passant par le Fouta-Djalon et le Nord Nigeria.

Au nord de la Côte d'Ivoire, les Peuls pratiquent ainsi une association agriculture-élevage tout à fait performante, par une véritable gestion agronomique du parc à bétail (Bernardet, 1984 a et b). Mais il s'agit d'une innovation récente qui s'inscrit dans un contexte social particulier, celui d'une minorité dépourvue de droits fonciers sur les pâturages et même les champs qu'elle exploite. Dans ces conditions, la valorisation agricole de la fumure animale risque de devenir un nouveau motif d'affrontement entre cultivateurs et éleveurs, davantage qu'un support de rapprochement.

Au contraire, les Peuls sédentaires d'autres régions, installés depuis longtemps en position dominante, maîtrisent les deux composantes agricole et pastorale : ils possèdent du bétail et disposent d'une sécurité foncière. Tel est le cas de l'Adamaoua camerounais qui, dès lors, semble remplir les conditions pour l'instauration d'une association durable entre élevage et agriculture (Boutrais, 1978).

Les composantes du système d'agro-élevage des Foulbés

Les systèmes d'élevage

Le système de production des Foulbés de l'Adamaoua repose à la fois sur l'élevage bovin et la céréaliculture. L'élevage bovin est une activité ancienne et valorisée, tout autant socialement qu'économiquement. Toutefois, les effectifs de cheptel des Foulbés sédentaires sont moins nombreux que ceux des pasteurs mbororos de la même région : 30 à 50 têtes par famille contre 70 (Deen et Johnson, 1972). De toute façon, ces effectifs restent importants par rapport à ceux d'agro-éleveurs sahéliens (Claude, Grouzis et Milleville, 1991).

Autre atout de l'élevage des Foulbés, leur race bovine est un zébu dit *gudaali*, espèce issue d'une sélection ancestrale, particulièrement adaptée à la sédentarisation et à un système mixte d'agro-élevage. En effet, elle se satisfait des tiges grossières des résidus de culture et « aime » stationner à proximité des habitations. Les Foulbés disent, de façon imagée, que le bétail « croque » les tiges de sorgho (*to mi soppi, itti, na'i wara yakka yombe gawri* : « quand j'ai coupé et enlevé (les épis), les vaches entrent et croquent les tiges de sorgho »). A l'inverse, cet animal « super domestiqué » risque souvent de provoquer des dégâts aux cultures durant la saison agricole.

Bien que les Foulbés de l'Adamaoua soient habituellement considérés comme des sédentaires, tout leur bétail ne l'est pas. En saison sèche, une partie entreprend une transhumance (*dabbol*) sous la conduite de fils d'éleveurs et de bergers salariés. Les distances parcourues restent faibles (parfois seulement une dizaine de kilomètres) mais ce départ marque une coupure dans l'année pastorale. Aux animaux *sureeji* qui stationnent près des habitations à longueur d'année s'opposent alors les *na'i ladde* éloignés en brousse. En fait, des échanges d'animaux surviennent périodiquement, en particulier lorsque des vaches tarissent. De même, l'alternance éloignement-rapprochement peut se compliquer, avec un premier déplacement en début de saison sèche, suivi d'un bref retour au village après la récolte du sorgho, puis d'un second départ en milieu de saison sèche (*dabbunde*). Enfin, un troisième déplacement peut être décidé en début de saison des pluies (*seetina*), vers les pâturages qui se reconstituent le plus vite. Lors de chaque éloignement, le bétail est dirigé vers une « niche pastorale » différente, mais ses va-et-vient répondent également à des exigences agricoles : mise à l'écart dans l'attente des récoltes, rapatriement pour la fumure. *To seeto Badaake, na'i lora, Di warta haa Do, haa koonal* : « quand la saison des pluies est proche, les vaches reviennent, elles arrivent ici pour la fumure ». Le système d'agro-élevage fonctionne par une série de compromis entre les logiques d'élevage et d'agriculture.

Même les Foulbés supposés ouverts à l'élevage moderne restent attachés à la transhumance du bétail. Selon eux, maintenir en permanence les animaux sur les mêmes pâturages les empêcherait de prospérer.

Agro-éleveurs dans les faits, les Foulbés de l'Adamaoua se pensent d'abord en éleveurs. En ce sens, ils se comportent comme beaucoup d'autres Peuls qui donnent d'eux une image pastorale déconnectée de la réalité. Il n'empêche que beaucoup de Foulbés de l'Adamaoua seraient prêts à se déplacer si les conditions de l'élevage se détérioraient. Ce fut le cas aux environs de Ngaoundéré lorsque les mouches tsé-tsé ont fait peser une grave menace sur l'élevage. Ce faisant, les migrants ont préservé puis augmenté leur cheptel, alors que ceux qui étaient restés sur place se sont appauvris.

Un clivage s'est accentué entre les propriétaires de bétail et les autres. Mais les seconds ne s'identifient plus seulement aux populations locales et aux anciens esclaves des Foulbés. Des descendants d'anciens maîtres ont déchu à la même situation que les sans bétail. Quant aux premiers, ils prennent conscience de la valeur du bétail et négligent l'activité agricole. Tel Foulbé âgé s'occupe surtout de ses deux bergers salariés et des troupeaux, en reconnaissant : *demri, mi hokkaay sembe* : « l'agriculture, je n'y mets pas mes forces ».

Les systèmes de culture

Aux environs de Ngaoundéré, l'agriculture est basée sur le sorgho, alors que pour l'ensemble du plateau de l'Adamaoua, le maïs est la céréale principale. D'une façon générale, les céréales se prêtent bien à une association avec l'élevage bovin, mais le sorgho de l'Adamaoua est une variété à cycle long (8 à 9 mois), ce qui entraîne des risques de dégâts, surtout en fin de cycle agricole.

Les surfaces cultivées ne sont pas grandes. On manque de relevés précis, mais il semble que les exploitations ne dépassent pas deux hectares par famille. Il est fréquent que des Foulbés ne récoltent pas assez de sorgho pour subvenir à leurs besoins et qu'ils achètent (*etta ettugo*) du maïs ou du riz. Des cultures secondaires (haricots, courges, gombos) sont plus souvent associées au maïs qu'au sorgho. Elles restent sur le champ après la récolte du maïs, mais ne facilitent pas la vaine pâture.

Cette agriculture se caractérise par l'absence de cultures de rente. Au début de la période coloniale française (1920-1930), les premiers essais d'introduction du coton furent entrepris en Adamaoua (Roupsard, 1987). Ils ne donnèrent pas de résultats intéressants, soit par refus des habitants¹, soit par suite d'un fort parasitisme lié au climat pluvieux (1 500 mm de pluies par an). Une plantation caféière européenne, près de Ngaoundéré, resta une initiative isolée. Récemment, des projets d'introduction du tabac et du kénaf, en cultures paysannes, ont également échoué. Seules, des patates douces sont cultivées en arrière-saison pour la vente, par des cultivateurs sans bétail. Habituellement restreintes à quelques billons situés en périphérie des champs de sorgho, les patates douces sont maintenant cultivées en plein champ, le long de la route de Ngaoundéré à Garoua, où elles donnent lieu à un commerce actif.

Malgré l'absence de cultures de rente, la traction attelée est généralisée aux environs de Ngaoundéré pour les labours. La plupart des champs ne sont plus préparés manuellement à la houe. Ceux qui ne possèdent pas d'attelage en empruntent à leurs voisins. Des propriétaires de bétail effectuent également des labours à façon. Des Foulbés opèrent parfois deux labours sur les mêmes parcelles. Le premier (*irta meere* : le simple fait de déterrer) sert, en fait, à enfouir des herbes jeunes, levées avec les premières pluies. Il procure un engrais vert et surtout, il « casse » le cycle végétal des graminées, ce qui réduit la densité des adventices au moment des sarclages. Le second labour prépare le terrain pour les semis.

La progression de la culture attelée

L'adoption générale de la culture attelée dans la région de Ngaoundéré contraste avec le reste de l'Adamaoua où les travaux agricoles restent manuels. Toutefois, elle ne concerne pas les sarclages alors qu'au moins les premiers sarclages sont souvent effectués par des attelages en zone soudanienne. Cela tient à la pratique de semis en foule (*saakugo*), effectués de façon plus rapide que des semis en lignes (*aawugo cakkol cakkol*). De plus, les semis alignés impliqueraient de procéder, plus tard, à un démariage (*Doofa*) des jeunes plants. D'après les Foulbés, cette opération demande beaucoup de travail.

Ainsi, une mise en place expéditive des cultures de sorgho empêche d'utiliser la traction animale au moment des sarclages. Mais ce choix tient également au calendrier des travaux et au contexte social. Au moment des sarclages, les Foulbés, accaparés par le détiage des animaux, n'auraient pas le temps de faire travailler les bœufs. Les riches Foulbés recourent, pour les sarclages, à des ouvriers agricoles qui viennent nombreux à la recherche de travail. Les migrations saisonnières des Mboums, des Lakas et autrefois des Dourous n'ont jamais incité les Foulbés à procéder à des sarclages attelés.

Les Foulbés de Ngaoundéré ont surmonté la réticence habituelle des Peuls à l'égard de la culture attelée pour plusieurs raisons. Après l'Indépendance, la libération des anciens serviteurs est devenue effective, réduisant la main-d'œuvre agricole des Foulbés. Ils tentent d'y suppléer par l'emploi d'ouvriers agricoles, mais ceux-ci ne suffisent pas pour effectuer toutes les tâches. L'administration camerounaise fait pression en faveur de l'adoption de la culture attelée par des convocations à des démonstrations dans les gros villages. Du matériel agricole devient disponible, en particulier des petites charrues fabriquées à Douala. Enfin, le type de zébu de l'Adamaoua, puissant et trapu, est bien conformé pour le travail attelé.

Malgré ces avantages, la culture attelée s'est donc encore peu diffusée en Adamaoua. En parlant par exemple des habitants de Tignère, ceux de Ngaoundéré disent : *Be falaay haala heltugo ga'i* : « ils ne s'intéressent pas à dresser des bœufs ». Cette situation tient en partie à la faiblesse de l'encadrement agricole. Contrairement au réseau dense de postes vétérinaires, les postes agricoles sont rares dans une région depuis longtemps classée comme étant à vocation d'élevage. On ne peut acheter des charrues

1. « Des graines de coton sont distribuées aux notables pour faire un essai de plantation en fin de saison des pluies » (Circonscription de N'Gaoundéré ; septième séance du Conseil des Notables réunis le 6 septembre 1924. *In* Rapport annuel à la Sdn). Dès la même année, un autre rapport laisse apparaître la réticence des Foulbés face à cette culture : « les chefs de N'Gaoundéré, de Tignère, de Banyo considèrent comme hasardeuse la culture du coton » (Procès-verbal de la Commission agricole réunie à N'Gaoundéré, le 1 mars 1924. *In* Rapport annuel à la Sdn, 1924). Les années suivantes, la culture cotonnière est tentée au nord de Garoua où le climat, plus sec, limite le parasitisme.

qu'à Ngaoundéré et non dans les autres centres. Des démonstrations de culture attelée ne sont plus organisées depuis plusieurs années, si bien que la plupart des Foulbés de Ngaoundéré ont appris à travailler en imitant des voisins.

L'invasion d'une partie du plateau par des mouches tsé-tsé, à partir des années 60, a freiné ou interdit l'adoption de la culture attelée. De nombreux propriétaires de charrue ont perdu leurs bœufs au cours des années 70. Dans les secteurs infestés, il est dangereux de faire travailler des bœufs, même durant seulement quelques semaines. Avec la fatigue, ils deviennent plus fragiles à la maladie.

Socialement et ethniquement, la culture attelée reste l'apanage des Foulbés qui possèdent du bétail. Sur 200 attelages inventoriés en 1976 aux environs de Ngaoundéré lors d'une enquête personnelle, 180 appartiennent à des Foulbés et seulement 20 à d'anciens serviteurs qui ont pu s'acheter des bœufs.

L'étroitesse sociale de la diffusion de la culture attelée s'explique par l'absence de crédit à l'équipement. En d'autres régions, le crédit aux producteurs est souvent lié à une culture de rente (comme le coton) car il est remboursable à la vente de la production. Les Foulbés de l'Adamaoua n'ont bénéficié de crédits pour l'équipement en charrues et attelages que durant les années 70. Le programme était destiné à encourager la constitution de groupements de cultivateurs mais cette base collective n'a pas facilité les remboursements de prêts, vite arrêtés. Dès lors, les cultivateurs les plus pauvres, en particulier les anciens esclaves, continuent de cultiver manuellement.

Les propriétaires d'attelages en Adamaoua ne développent pas une dynamique agricole comme c'est le cas en d'autres régions, par un agrandissement de l'exploitation et une recomposition du système de culture (Tersiguel, 1995). Ils ont recours à la culture attelée seulement pour compenser des pertes de main-d'œuvre et assurer une production vivrière. Ces objectifs limités sont compensés, il est vrai, par de nombreux labours à façon, surtout chez les Foulbés. En 1976, les 200 attelages repérés ont labouré chez 113 autres Foulbés mais seulement chez 9 anciens serviteurs. La location de culture attelée reste une caractéristique de paysans disposant de numéraire.

Les Foulbés de l'Adamaoua ont adapté les techniques de culture attelée à leurs compétences et à leurs besoins. Cette réinterprétation se manifeste surtout dans le traitement des animaux de labour. Le dressage annuel est effectué de manière progressive : deux matinées pour la pose d'anneaux aux museaux et d'une corde sur la tête, deux autres matinées consacrées à traîner une pièce de bois puis deux matinées de labour très superficiel précèdent le labour proprement dit. Ce dressage en douceur contraste avec celui mené par des cultivateurs qui ne sont pas habitués à manier les animaux. L'apprentissage des gens, autant que celui des animaux, peut alors prendre jusqu'à 30 jours. Chez les Foulbés de l'Adamaoua, deux personnes suffisent pour labourer : une à la charrue, une autre pour tenir les guides, sans bâton pour frapper. Certains Foulbés labourent seuls, en guidant les animaux de la voix : *Be telba na'i non non* : « ils crient seulement aux bœufs ». Les labours sont effectués uniquement le matin, de 7 h à 10 h, avant les grandes chaleurs. Une fois relâchés, les bœufs regagnent le troupeau et reçoivent parfois des compléments (tourteau de coton). Le travail de la charrue n'est pas profond : une simple scarification de l'horizon humifère superficiel des sols. Il s'agit de ménager le plus possible les bœufs. Contrairement à d'autres régions (Lhoste, 1987), les Foulbés de l'Adamaoua n'attellent pas des vaches. Ils disent qu'elles deviendraient stériles.

Cette culture attelée, très peu encadrée par des services techniques, est pratiquée de façon souple et légère. Mais les Foulbés de Ngaoundéré l'ont désormais intégrée à leur système d'agro-élevage. Ils affirment qu'« ils ne l'abandonneront pas ». De riches Foulbés possèdent jusqu'à trois ou quatre charrues... mais continuent à faire sarcler leurs champs à la houe.

La valorisation de la fumure animale

La fumure animale (*koonal* ou *koonal na'i*) est une technique connue et pratiquée depuis longtemps par les Foulbés de l'Adamaoua. Elle consiste à faire entrer et stationner de nuit le bétail sur les chaumes. Les animaux ne sont pas attachés au piquet comme chez d'autres Peuls agro-éleveurs, par exemple au Fouladou sénégalais. En saison sèche, ils stationnent librement près des habitations, tandis qu'en début de saison des pluies, ils sont enfermés dans des parcs à clôture légère, confectionnée avec quelques fils de fer barbelé attachés à des pieux. Les Foulbés disent qu'en saison sèche, il leur est difficile d'enfoncer des pieux dans un sol dur. Au contraire, en saison des pluies, on peut facilement les ficher en terre et les changer d'emplacement.

Les Foulbés pratiquent deux fumures animales. Celle de saison sèche (*koonal dabbunde*) survient après les récoltes de sorgho, en janvier-février. Des animaux, surtout des vaches laitières, sont alors ramenés près des habitations où ils consomment les tiges de sorgho laissées à terre. Lorsque les champs ont une grande taille, ce fourrage lentement grappillé peut tenir en état un petit troupeau durant toute la saison sèche (*yombe timataa law* : « les tiges ne finissent pas vite »).

Les animaux ne sont ni attachés ni enfermés de nuit car ils ne risquent guère de commettre des dégâts à cette époque de l'année. Mais ils ont tendance à se reposer toujours à un même endroit aplani. Dès lors, les déjections animales s'accumulent à cet endroit en une couche de poudrette (*ngoobaare*). L'année suivante, le sorgho pousse tellement haut à cet emplacement qu'il verse en cas de coup de vent. Des Foulbés étalent donc les tas de poudrette à travers le champ mais les plus nombreux y mettent plutôt le feu avant les travaux agricoles. Les cendres sont ensuite dispersées par les pluies. Cette pratique, apparemment aberrante, requiert quelques explications.

D'un côté, la fumure de saison sèche est réputée efficace, en entraînant un arrière-effet sur les cultures deux ans plus tard. D'un autre côté, les Foulbés disent que trop de fumure de saison sèche ne conviendrait pas au sorgho (*to ngoobaare DuuDi, gawri wooDataa* : « si la poudrette est abondante, le sorgho ne donne pas bien »). Des vers s'attaqueraient aux racines et surtout, l'enracinement des pieds resterait superficiel, limité à l'horizon enrichi, ce qui les rendrait fragiles aux coups de vent.

En saison sèche, de riches éleveurs prêtent parfois des animaux à des cultivateurs, de façon qu'ils puissent fumer leurs champs. Ce n'est pas un contrat de fumure mais plutôt une entraide (*valliinde*) entre habitants du même village. Les bénéficiaires sont souvent des descendants d'esclaves. Les animaux présentent l'avantage de fumer les parcelles mais aussi de rabattre et de piétiner les adventices poussés en fin de cycle cultural du sorgho. Autrement, les champs de cultivateurs sans bétail sont envahis d'une végétation herbeuse dense en saison sèche. Mais des propriétaires de bétail refusent ces prêts d'animaux pour la fumure. Ils prétextent que les emprunteurs empêchent les animaux de sortir de nuit. Or, une pâture nocturne est jugée nécessaire en saison sèche.

La fumure de début de saison des pluies (*koonal seeto*) est pratiquée de façon différente. Les animaux sont enfermés, de nuit, dans un parc tournant, de façon à fumer une grande étendue. Au fur et à mesure que la période agricole approche, le rythme de déplacement du parc s'accélère : une semaine puis 4 jours et seulement 2 ou 3 lorsque des pluies abondantes transforment rapidement en boue un sol détrempé. D'autres Foulbés déplacent les lieux de repos des animaux tout simplement en changeant l'emplacement du feu de campement dont la fumée écarte les mouches. Les animaux s'y regroupent spontanément. Les Foulbés qui possèdent plusieurs troupeaux dispersent les feux sur l'aire à fumer, pour répartir les déjections de façon égale.

Les animaux piétinent un terrain sur lequel des mauvaises herbes commencent déjà à pousser. Ils brisent les jeunes tiges, limitant d'autant ou retardant l'enherbement. Des troupeaux, introduits sur les champs entre les deux labours d'avant semis, tassent également en terre les premières herbes enfouies. Le bétail continue à fumer les terres le plus tard possible, jusqu'aux semis qui, étant tardifs, doivent être effectués rapidement. Les vaches sont alors sorties (*na'i wurta*).

Pour la fumure de début de saison des pluies, l'effectif de cheptel devient décisif. Nombreux, il permet de couvrir de déjections toutes les terres à cultiver. Tel Foulbés fait entrer tous ses 350 animaux dans ses champs. Il s'agit d'une fumure plus brève qu'en saison sèche (un mois en moyenne) mais massive. Des Foulbés le disent d'une manière expressive : *min loowa na'i pat* : « nous déversons toutes les vaches (sur les chaumes) ». A cette période, aucun propriétaire de bétail n'accepte de prêter des animaux pour la fumure. Les déjections sont incorporées dans le sol, encore fraîches, par le dernier labour attelé avant semis.

La seconde fumure a la réputation de convenir au sorgho et d'entraîner moins d'adventices que celle de saison sèche. Elle donne un coup de fouet aux cultures pratiquées dans l'année mais demande à être renouvelée dès l'année suivante.

Pratiques agro-pastorales et gestion de l'espace

La pratique régulière d'une fumure animale a permis aux Foulbés de l'Adamaoua de stabiliser leurs champs. C'est donc une composante importante de la sédentarisation. En fait, des Foulbés indiquent,

dans le passé, des cycles agricoles de 20 à 25 ans, précédant une mise en jachère. Ces durées dépendent de l'importance de la fumure animale, donc de l'effectif de cheptel, mais également de la culture. De ce point de vue, le sorgho présente l'intérêt de se satisfaire d'une faible fertilité du sol, donc de permettre de longs cycles agricoles.

La séparation, une partie de l'année, entre espace agricole et pâturage est une autre caractéristique des systèmes de production aux environs de Ngaoundéré. Elle se matérialise par des clôtures (*kowaagol* ou *howaare*) constituées de piquets reliés par du fil de fer barbelé. Les clôtures peuvent être individuelles ou collectives. Dans le dernier cas, elles englobent des interfluves entiers, en joignant par exemple deux galeries forestières. Les clôtures individuelles sont souvent légères et enlevées après la récolte, quand tout l'espace s'ouvre au bétail. A l'approche de la récolte du sorgho, alors que la saison sèche est bien établie, les clôtures paraissent fragiles pour contenir de fortes charges en bétail. De fait, elles sont parfois renforcées par des rangées de branches sèches posées contre les fils de fer. L'absence d'épineux dans la végétation de l'Adamaoua prive les agro-éleveurs d'un matériau végétal efficace. Mais comme ils ne possèdent pas de chèvres, la pression des petits ruminants (quelques ovins seulement) sur les cultures semble moins forte qu'en d'autres régions, par exemple au Fouta Djallon. De plus, la clôture est doublée par un écran de grandes graminées (des *Hyparrhenia*) qui cachent les feuilles de sorgho à la vue des bovins. Les clôtures n'enserrent pas les champs au plus près ; elles ménagent donc des bandes herbeuses périphériques qui procurent également de la paille pour les toitures. L'effet protecteur de l'ensemble est efficace si l'on en juge par l'arasement des herbes jusqu'au pied des clôtures.

Dans certains secteurs (Margol-Mandourou), les terroirs sont entourés d'une clôture collective circulaire. Ailleurs (Saltaka), clôtures collectives et individuelles s'imbriquent et compartimentent l'espace pendant la saison agricole. Elles n'entourent pas seulement des cultures mais également des réserves de paille. Sur les pistes, les passages des clôtures sont balisés par des barrières faites de deux ou trois poutres amovibles. Pendant une moitié de l'année, c'est « un pays de barrières » qu'il faut enlever mais aussi remettre à chaque franchissement de clôture.

Des clôtures évoluent en haies vives lorsque des piquets prennent racine. C'est le cas des pieds de *Commiphora kerstingii* (*kaabiije*) mais aussi de *Ficus thonningii* (*biskeeje*) et *Ficus platyphylla* (*dundeeje*). Le *Commiphora*, à l'écorce toujours verte, est le plus souvent employé, grâce à ses facilités de bouturage en saison sèche. Il fournit déjà les piquets de soutien des enceintes (*dakkol* ou *dakkawol*) des unités d'habitation. Taillés en têtards, les *Commiphora* émettent alors de nombreuses tiges qui serviront encore de piquets. Une fois qu'ils ont pris racine, les pieds de *Commiphora* résistent assez bien aux feux de brousse. Avec la multiplication des haies vives, un bocage est en train de naître sur cette partie de l'Adamaoua. Le bocage transcrit souvent dans le paysage un système d'agro-élevage.

Un système relativement récent

L'embocagement en cours des paysages agricoles

Apparemment traditionnel, l'agro-élevage des Foulbés de Ngaoundéré n'est pas très ancien, du moins dans sa configuration actuelle. Cette hypothèse se fonde sur une convergence d'indices et de témoignages.

La protection des cultures par des clôtures et des haies semble une innovation récente. Le *Commiphora kerstingii* qui compose beaucoup de haies ne pousse pas spontanément sur le plateau de l'Adamaoua¹. Les Foulbés l'auraient introduit, d'abord en faible nombre, pour fournir des tuteurs aux panneaux de paille tressée qui entourent les habitations. Des cercles de *Commiphora* subsistent en brousse, indiquant l'emplacement d'anciennes habitations. C'est un arbre « domestiqué » et intégré dans l'architecture des villages Foulbés. Dans un vieux village des environs de Ngaoundéré (Soukourwo), les pieds de *Commiphora* atteignent des tailles de gros troncs d'arbres autour d'une mosquée en plein air. Des pieds moins âgés délimitent des parcelles proches du village. Enfin, des pieds encore plus jeunes protègent les

1. Une incertitude subsiste quant à l'habitat spontané de cette espèce. D'après Aubréville (1950), le *Commiphora kerstingii* est fréquemment planté dans les villages à la frontière du Tchad et de Centrafrique mais ce n'est pas son origine. Nos informateurs en Adamaoua disent qu'il est originaire du Diamaré, dans l'extrême-nord camerounais. Or, selon Seignobos (1978), les Foulbés l'ont propagé au Nord-Cameroun mais du sud vers le nord.

champs éloignés des habitations. Les boutures ont été diffusées progressivement de la mosquée aux habitations, de là aux champs de case puis à ceux de brousse. La taille inégale des pieds de *Commiphora* témoigne de la chronologie de plantations autour d'espaces d'abord religieux puis domestiques et, enfin, agricoles.

Une grande haie de ficus à Saltaka daterait d'environ un siècle. Les habitants savent encore le nom de celui qui l'a plantée, pour écarter du bétail un interfluve. C'est un aménagement agraire qui semble exceptionnel par son ancienneté. Les autres haies vives sont récentes.

Réorganisation socio-politique et évolution des pratiques agro-pastorales

À l'époque pré-coloniale, agriculture et élevage étaient deux activités séparées, dans le cadre d'une société peule disposant d'esclaves (*maccuBe*). Ces esclaves étaient installés dans des domaines agricoles (*dumde*) où ils cultivaient pour leurs maîtres. Des notables disposaient ainsi de centaines d'esclaves à leur service. Des domaines comportaient également un élevage bovin mais dont le gardiennage était assuré en permanence. Chaque troupeau était accompagné d'un berger peul (*gaynaako*) et d'un aide (*ndunduujo*) prélevé parmi les serviteurs. Le berger, plus compétent, assurait la garde de nuit tandis que l'aide s'en occupait de jour, en se chargeant surtout du détiqage. La garde du bétail consistait moins à éviter les dégâts aux champs qu'à protéger les animaux des attaques de prédateurs, en particulier de hyènes. Ces attaques nocturnes constituaient la grande préoccupation des propriétaires de bétail, encore au début de ce siècle.

La pression de l'élevage sur les cultures restait faible par suite du rassemblement des parcelles de chaque domaine et des faibles effectifs de cheptel. Un vieil informateur le confirme, en s'étonnant qu'il puisse en être autrement : *naane, na'i DuuDa haa Pullo naa ?* : « autrefois, est-ce que les vaches d'un Peul pouvaient être nombreuses ? » Les occasions d'abattages et les pertes étaient fréquentes. Les troupeaux hivernaient aux abords de la ville de Ngaoundéré où les Foulbés se concentraient. Les domaines éloignés de la capitale n'étaient habités que par des colonies d'esclaves cultivateurs où les troupeaux séjournaient rarement. Toutes ces modalités de l'élevage pré-colonial ne nécessitaient pas d'aménager des clôtures.

L'époque coloniale fut marquée par de grands changements sociaux et géographiques. L'affranchissement des esclaves n'entra que lentement dans les faits mais les prestations de travail se relâchèrent, tant pour l'agriculture que l'élevage. La richesse en main-d'œuvre servile leur échappant, les Foulbés se retournèrent vers le bétail qui, par les ventes, procurait du numéraire. Ce fut une période de re-pastoralisation des Foulbés de Ngaoundéré comme de beaucoup d'autres, par exemple à Barani au Burkina Faso. En même temps, les Foulbés abandonnèrent leur existence citadine pour un habitat dispersé en brousse.

Les administrateurs coloniaux pensaient que les Foulbés étaient foncièrement attachés à un habitat dispersé : « il semble acquis que la dispersion des villages Foulbés en roudés isolés ne peut être contrecarrée, elle résulte de la nécessité de mettre les cultures vivrières à l'abri des déprédations du bétail et d'assurer à celui-ci des pâturages de grande étendue »¹. En fait, cette ruralité était nouvelle et répondait à la désintégration d'un système socio-économique antérieur. Les administrateurs interprétaient l'isolement des Foulbés comme la manifestation d'un tempérament « fier et indépendant », alors qu'il correspondait à une reprise en main de leur élevage. Dès lors, chaque Foulbés tendait à se rapprocher de son campement à bétail (*waalde*), protégeait son champ par une clôture personnelle tout comme, selon les termes d'un informateur, il disposait de son coin toilette (*Baawo saare*). L'ensemble émanait d'une même logique. Cette logique se heurta, surtout à la fin de la période coloniale, à une politique de regroupement des Foulbés en villages. Ceux qui durent s'y plier édifièrent de grandes clôtures collectives pour protéger des champs rassemblés d'autorité. Ces clôtures datent donc des années 50.

Après l'Indépendance, la valorisation sociale de l'élevage et son importance économique n'ont fait que s'amplifier. Des Foulbés résument cette évolution par une réflexion ; *naane, Dum takai, jonta warti jawdi-on* : « autrefois, (les vaches), ça servait pour la sauce (qui accompagne la boule), maintenant c'est devenu la richesse ». Le bétail a tellement pris de la valeur que peu de têtes sont abattues sur place pour la boucherie ou la consommation personnelle. Elles sont vendues et expédiées ailleurs. Les inégalités se

1. Compte-rendu de tournée du Chef de subdivision de Ngaoundéré (Peyron) du 18 au 28 janvier 1933 dans le nord-est de la subdivision (Archives nationales du Cameroun, Apa 11635 B).

sont aggravées entre ceux qui possèdent du bétail et les autres, en particulier les cultivateurs : *gaynaaka Bura nafu, Buri ndemri* : « l'élevage rapporte le plus, il rapporte plus que l'agriculture ». Pourtant, les Foulbés continuent à cultiver, au moins pour assurer une partie de leur ravitaillement.

En même temps que les effectifs de cheptel augmentaient, surtout depuis l'éradication des mouches tsé-tsé à la fin des années 1970, le gardiennage des troupeaux tombait en désuétude. Des anciens qui se souviennent avoir gardé le bétail à longueur de journée dans leur jeunesse disent que, maintenant, on ne s'en occupe plus. En circulant dans les pâturages, on ne rencontre que des animaux livrés à eux-mêmes. Chaque jour, bergers ou propriétaires ne s'en soucient qu'en soirée, en se disant : *sey mi yaha, mi DaBBita na'i* : « il faut que j'aille à la recherche des vaches ». Il est fréquent qu'ils ne les retrouvent pas et mettent plusieurs jours pour les récupérer.

L'élevage est devenu une activité dominante, notamment vis-à-vis de l'agriculture. Dans ce rapport inégal, un principe s'est imposé : *sey demooowo ayna ngesa muuDum* : « c'est au cultivateur de surveiller son champ », sous-entendu à l'égard du bétail. Au contraire, dans la plupart des régions soudaniennes, c'est le principe inverse qui prévaut : l'éleveur doit garder son troupeau, pour qu'il n'abîme pas les cultures. Désormais, en Adamaoua, tout dégât du bétail survenu dans un champ non protégé ne donne pas droit à réparation. Seuls, les ravages avec bris de clôture par les animaux sont dédommagés.

Les conséquences de cette jurisprudence ne se sont pas fait attendre : abandon du gardiennage, édification de clôtures autour des champs. De façon paradoxale, les habitants les plus pauvres se trouvent contraints d'aménager l'espace par l'achat de fils de fer barbelé et la pose de clôtures. On assiste à un mouvement d'« enclosure » qui exprime un rapport de forces inhabituel entre élevage et agriculture en Afrique soudanienne.

Evolution des pratiques de fumure animale et de culture attelée

Parmi les composantes actuelles de l'agro-élevage, la fumure animale est la plus ancienne. Les Foulbés disent l'avoir pratiquée de tout temps : *min tawi Dum haa baaba'en amin, bee juulugo, durugo e remugo* : « nous avons vu nos parents le faire comme nous les avons vus prier, faire de l'élevage et de l'agriculture ». On peut tout de même se demander si, à l'époque pré-coloniale, la fumure animale était aussi largement pratiquée qu'aujourd'hui. Les troupeaux étaient de petite taille et l'agriculture, à la charge des esclaves, était conduite à part. Au début de la période coloniale, il semble que les champs n'étaient pas encore fumés de manière systématique. La méthode du parc tournant est conseillée dans un rapport de 1924¹. C'est seulement beaucoup plus tard, avec la diffusion du fil de fer barbelé, que les Foulbés pourront gérer le stationnement des animaux sur les chaumes à fumer.

Comme dans la plupart des régions soudaniennes, la culture attelée est d'introduction récente en Adamaoua mais elle ne doit rien à la culture cotonnière. L'administration coloniale a tenté plusieurs fois d'amener les Foulbés à atteler leurs animaux. Comme la plupart des Peuls, ils refusaient à mettre leurs bœufs au travail : *Be jaBBataa na'i huuwa ; ko roondugo kuuje yake dabbol, Be yiDaa* : « ils n'acceptaient pas que les vaches travaillent, refusant même de les faire porter des choses au moment de la transhumance ». Pour contourner cette opposition, l'administration coloniale envisagea d'atteler des chevaux issus de croisements avec des poneys laka², mais l'idée tourna court.

Dans les années 40, des essais de culture attelée furent organisés à Ngaoundéré avec de jeunes Foulbés recrutés dans les villages et 3 paires de bœufs. Mais l'expérience n'eut pas de prolongements, probablement par manque de charrues. A la fin de l'époque coloniale, l'agronome René Dumont s'affronta aux responsables du service de l'agriculture, accusés d'inertie dans une région qui se prêtait si bien à la culture attelée. Dès lors, un programme de diffusion fut organisé, chaque chef de village devant fournir deux bœufs et désigner trois personnes pour les accompagner. Après un apprentissage, ils repartaient avec une charrue cédée à bas prix et une charrette. En fait, peu de charrettes furent fournies, le programme étant arrêté au moment de l'Indépendance.

1. « Les éleveurs devraient faire des parcs mobiles pour le grand bétail, ce qui aurait un avantage pour obtenir l'engrais nécessaire à de plus belles récoltes » (Procès-verbal de la Commission agricole réunie à N'Gaoundéré, le 1 mars 1924).

2. Circonscription de N'Gaoundéré ; septième séance du Conseil des Notables, 1924.

Les Foulbés ont adopté progressivement la culture attelée au cours des années 60 et 70. Par contre, la diffusion de la charrette a échoué¹. La libération de la main-d'œuvre servile, réaffirmée nettement par les nouvelles autorités du Cameroun à l'Indépendance, a certainement été le facteur déterminant dans l'adoption de la culture attelée. Depuis lors, elle n'a cessé de se généraliser dans les environs de Ngaoundéré : *haa Do, sey bee ga'i ; mo maraay, torra, yoBa* : « ici, on ne travaille qu'avec les bœufs ; celui qui n'en possède pas en demande et les paie » (Horé Mayanga). Beaucoup d'artisans forgerons proviennent de la population voisine des Dourous. Ils ne sont pas encore assez nombreux pour réparer des pièces ou confectionner des socs. Les Foulbés se plaignent de ne pas trouver facilement de pièces de rechange. C'est l'un des points faibles de cette innovation technique mais il n'est pas spécifique à la région de Ngaoundéré.

Contradictions entre agriculture et élevage

Sorgho de long cycle et déplacement des troupeaux

Les Foulbés de Ngaoundéré sont confrontés à des contradictions inhérentes à tout système d'agro-élevage tandis que d'autres tiennent au contexte écologique de l'Adamaoua. Il est partout difficile de faire coexister des troupeaux importants avec des champs, même peu étendus. Les difficultés sont accentuées lorsqu'il s'agit de cultures à long cycle et elles s'aggravent à certaines périodes de l'année.

Le sorgho blanc *angom*, le plus cultivé dans la région de Ngaoundéré, est réputé assurer de bons rendements et être peu attaqué par les oiseaux mange-mil grâce à sa tige flexible. Mais, semé en avril-mai, il n'est récolté qu'en décembre-janvier, ce qui représente une contrainte pour l'élevage. Il en est de même du sorgho rouge (*jolomri*) qui serait d'un moindre rendement. Par rapport à ces céréales à cycle long, le maïs local arrive à maturité au bout de 120 à 130 jours. Culture ancienne au sud de l'Adamaoua, le maïs se prête mieux à un système d'agro-élevage car les champs sont déjà récoltés lorsque la saison sèche s'établit. Avec un cycle de 8 mois, le sorgho devient un handicap lorsque le troupeau doit être éloigné, comme ce fut le cas, durant les années 60, devant les mouches tsé-tsé. L'agro-éleveur est immobilisé la plus grande partie de l'année par ses cultures et doit confier le bétail à des bergers ou à d'autres Foulbés.

Chaque année, une période critique survient en fin de saison des pluies (octobre-début novembre) et se poursuit en début de saison sèche (fin novembre-début janvier), tant que le sorgho n'est pas complètement récolté. En effet, la végétation herbacée de l'Adamaoua, de bonne qualité fourragère en début de saison des pluies, a déjà perdu une grande partie de ces qualités à la fin du mois de septembre, alors même que les pluies restent abondantes (Rippstein, 1985). Cette évolution saisonnière se répercute sur l'état des animaux, avec cependant un effet de latence. Des pesées d'animaux tous les 15 jours à la station de Wakwa en 1975 ont montré que les pertes de poids s'amorcent à la fin d'octobre et s'amplifient en novembre (moins 18 kg pour des animaux adultes arrivés à 340 kg, soit 5 % en un seul mois). Après cet amaigrissement brutal, les pertes continuent durant la saison sèche mais de façon plus lente, peut-être par suite d'un phénomène d'adaptation des animaux (Irz-Onarest, 1977). La dégradation de leur état en novembre se traduit, chez les animaux, par un état nerveux et une recherche des pâturages encore verts. Or, les feuilles les plus verdoyantes dans le paysage à cette époque de l'année sont celles des champs de sorgho. Le bétail exerce donc une menace sur les cultures de sorgho à partir de la fin d'octobre.

Les Foulbés écartent cette pression par une première transhumance vers des vallées, dès l'arrêt des pluies (*hoore dabbunde* : début de saison sèche). Les troupeaux ne sont pas dirigés vers toutes les vallées mais seulement celles dont le large plancher alluvial porte une graminée particulière : *Pennisetum purpureum* (*toloore*). Les feuilles de cette grande graminée restent vertes plus longtemps que celles des hauts de terrains et sont très appréciées en début de saison sèche. Les meilleurs terroirs pastoraux associent des pâturages d'interfluvies et au moins une portion de vallée à *toloore*. Leur complémentarité lève une contradiction dans le système d'agro-élevage.

1. Il faut dire que le modèle proposé de charrette était lourd, avec de grosses jantes en fer. Au contraire, les petites charrettes d'Afrique de l'Ouest, à roues montées sur pneus, ont rencontré un large succès, du Sénégal au Burkina Faso.

Cependant, avec l'accroissement récent des effectifs de cheptel, les droits d'usage anciens dans les vallées ne sont plus respectés. Il se produit une course entre transhumants pour arriver les premiers aux pâturages à *toloo*, dès qu'ils deviennent accessibles. Les concentrations de bétail sont alors tellement fortes qu'en un mois, les pâturages des secteurs les plus appréciés sont rabattus, arasés et piétinés. Dès la mi-décembre, des animaux aspirent à regagner leurs pâturages d'hivernage, alors que le sorgho n'est pas encore récolté. *Di darataa haa less, Di dogga haa dow yoolde* : « elles ne restent pas en bas, elles courent vers les terrains élevés ». Durant une période de 15 jours à un mois, les Foulbés se retrouvent devant une contradiction entre agriculture et élevage. Ils la résolvent tant bien que mal, en maintenant les animaux en bas et les y ramenant de force. Mais il est probable que la salubrité n'est pas excellente en fonds de vallée et que les animaux souffrent d'insectes piqueurs, peut-être de mouches tsé-tsé. En ce sens, l'éloignement forcé du bétail en début de saison sèche préserve les champs mais sans doute aux dépens de l'élevage.

Les types de fumure animale et le contrôle de l'enherbement

Durant son long cycle végétal, le sorgho subit la concurrence de nombreux adventices. Alors que le maïs n'exige qu'un ou 2 sarclages, le sorgho en demande 3. Le premier (*remtal*) est le plus difficile car les jeunes plants sont noyés parmi des mauvaises herbes qui atteignent la même hauteur. Il s'agit de bien repérer les pieds de sorghos dispersés, par suite des semis à la volée. Le premier sarclage coûte le plus cher lorsqu'il s'agit de payer des ouvriers agricoles.

Tel Foulbé de Saltaka a payé 70 000 F Cfa pour le premier sarclage de ses champs puis 50 000 pour le second et 40 000 pour le troisième en 1994. Le coût des trois sarclages équivaut à la valeur de 22 sacs de sorgho. En fait, les ouvriers agricoles ne sont pas rémunérés grâce à la vente d'une partie de la récolte mais de celle d'animaux, en l'occurrence un bœuf de 5 ans (130 000 F Cfa) et une vache de 7 ans (80 000 F Cfa). Les sarclages du sorgho représentent le principal poste de dépenses pour cette famille mais elle produit assez de sorgho pour sa consommation.

L'importance des sarclages est due à la prolifération de plantes adventices que les Foulbés attribuent à la fumure animale. Ils incriminent surtout celle de saison sèche. A cette époque de l'année, les animaux ingèrent beaucoup de plantes qui sont en train de grainer. Ces graines se retrouvent dans les déjections des animaux qui les transfèrent dans les champs. Dès les premières pluies, elles germent, formant parfois un tapis herbacé au-dessus des endroits de stationnement des animaux. Il est plus difficile de lutter contre l'enherbement des champs de sorgho que de ceux de maïs qui pousse vite et résiste mieux à la compétition végétale. Le risque de prolifération d'adventices par le biais de la fumure animale n'est pas propre à l'Adamaoua ; il se retrouve dans la plupart des régions de savanes. Il explique la réticence de beaucoup de cultivateurs à cette technique de fertilisation du sol.

Les Foulbés de l'Adamaoua limitent l'envahissement des mauvaises herbes par la mise à feu de la poudrette. Elle brûle lentement, à l'étouffée, comme un feu d'écobuage. Il ne subsiste que des éléments minéraux dans les cendres, parfois répandues sur le champ. C'est la principale explication d'une pratique qui apparaît comme agronomiquement aberrante.

Au contraire, la fumure animale de début de saison des pluies provient d'une végétation herbeuse en début de croissance. De ce fait, elle n'entraîne pas de risque d'enherbement des champs. Il est probable que les Foulbés ont privilégié cette fumure lorsque les travaux de sarclage sont revenus à leur charge, après l'affranchissement des esclaves. A la période pré-coloniale, la fumure de saison sèche était moins redoutée puisque les esclaves faisaient gratuitement les sarclages.

Actuellement, la première fumure reste pratiquée par ceux qui possèdent peu de bétail ou qui en empruntent. Le plus souvent, c'est la main-d'œuvre familiale qui s'active ensuite pour maîtriser les adventices. Au contraire, la fumure en début de saison des pluies est privilégiée par les riches propriétaires de bétail. Ils peuvent fumer rapidement leurs champs mais redoutent les charges salariales des sarclages. Il est probable que la fumure tardive a été « inventée » par les Foulbés agro-éleveurs après la libération de leurs esclaves, c'est-à-dire dans les années 60.

Bonne formule pour l'agriculture, la fumure de début de saison des pluies l'est moins pour l'élevage. La fumure de saison sèche est produite par des vaches laitières qui tirent lentement parti des résidus

agricoles et de pailles sèches. La race *gudaali* est réputée bien valoriser ce type de fourrage grossier¹. Au contraire, les animaux qui assurent la fumure en début de saison des pluies (avril) ne disposent pas de pâturages abondants : seulement de jeunes pousses qu'ils broutent au fur et à mesure de leur croissance. Cette pâture intense en début de cycle végétal a pour effet d'épuiser les pâturages, davantage qu'une forte charge en milieu de saison des pluies. Autrefois, la transhumance se prolongeait en début de saison des pluies (mai-juin), ce qui laissait le temps de se regarnir aux pâturages proches des villages. Au moment des retours, les herbes étaient déjà hautes. A présent, les troupeaux sont ramenés rapidement pour produire de la fumure. A la limite, plus la prolifération des adventices est maîtrisée dans les champs par une gestion de la fumure, plus les pâturages avoisinants sont surexploités.

Recompositions ou remises en cause ?

La progression récente du maïs au détriment du sorgho

Culture du sorgho, fumure animale de début de saison des pluies et culture attelée constituaient les principales caractéristiques des systèmes agro-pastoraux des Foulbés de Ngaoundéré au cours des années 70 et 80. Actuellement, des innovations transforment le système.

La substitution du maïs au sorgho est un phénomène général en Afrique soudanienne. Dans la région de Garoua, elle s'insère dans un système de culture dominé par le coton (Silvestre, 1994). En Adamaoua, le recul du sorgho est une évolution déjà ancienne qui se propage du sud vers le nord, seuls les habitants de Ngaoundéré et de Tignère continuant à cultiver cette céréale. Cependant, la progression du maïs s'accroît depuis 1990 aux environs de Ngaoundéré. A des raisons classiques s'ajoutent des avantages nouveaux du maïs.

Céréale à cycle plus court que celui du sorgho, elle ne souffre pas des dégâts des oiseaux mange-mil, grâce à l'enveloppe de ses épis. Or, la scolarisation des enfants réduit la surveillance des champs avant la récolte. Les variétés locales de maïs ont un cycle qui en fait des cultures de soudure mais elles arrivent à maturité en saison des pluies (août-septembre). Les épis non récoltés ou entreposés à l'état humide risquent de pourrir. Récemment, de nouvelles variétés à cycle plus long sont introduites par une maïserie industrielle installée près de Ngaoundéré. Ce nouveau maïs mûrit au bon moment, en début de saison sèche². D'après les Foulbés, les rendements sont deux fois plus élevés que ceux du sorgho.

Le maïs dispose d'un marché auprès des populations citadines. De plus, la boule blanche cuisinée avec la farine de maïs est plus appréciée par les consommateurs citadins que celle de sorgho. Dès lors, le prix du sac de maïs a beaucoup augmenté depuis quelques années. Des Foulbés des environs de Ngaoundéré sont en train de l'adopter. D'autres hésitent encore, sèment les deux céréales et les comparent. La nouvelle céréale a beaucoup d'atouts... *amma butaali tampinan lesdi* : « mais le maïs épuise le sol, » remarquent-ils.

Alors que les Foulbés estimaient avoir trop de fumure animale pour le sorgho, ils affirment qu'ils n'en auront pas assez pour le maïs. L'adoption de cette céréale entraîne, pour certains, une revalorisation de la fumure animale de saison sèche : *to iyeende jinni, haala koonal naati* : « quand les pluies sont finies, on commence à s'occuper de fumure » (Boumdjéré, 1994). Dans ce nouveau contexte, il ne s'agit plus de prêter du bétail aux cultivateurs. Les agro-éleveurs disent qu'il n'est déjà pas assez nombreux pour leurs champs. L'autre solution consiste à acheter de l'engrais. C'est plus facile pour les Foulbés proches de Ngaoundéré que pour ceux qui sont isolés en brousse. Par exemple, des Foulbés du village Mbang-Bouhari, situé sur une route, s'associent pour affréter un camion chargé de sacs d'engrais qu'ils se répartissent ensuite.

Les deux solutions ne sont pas exemptes de difficultés. Du côté de l'utilisation d'engrais, un frein est intervenu car le prix de ce produit a doublé après la dévaluation du franc cfa. Si le prix continue à

1. A la station d'élevage de Wakwa, au cours d'une expérimentation, des lots témoins de vaches *gudaali* furent placés sur des pâturages naturels, sans recevoir de foin ni de complémentation en saison sèche. Cette situation reproduit apparemment celle de l'élevage en Adamaoua. D'un poids moyen de 370 kg au début de novembre, elles avaient perdu 40 kg à la fin de février (Irzonarest, 1977). En fait, il est probable que les pertes de poids sont moindres dans les élevages foulbés, grâce aux résidus agricoles.

2. Les nouvelles variétés ont également l'extrémité de la tige qui se courbe. De ce fait, les panicules ne pourrissent pas sur pied, en cas de pluies très abondantes.

augmenter, des Foulbés n'excluent pas de se remettre à la culture du sorgho¹. Du côté de la fumure animale, la situation des propriétaires de bétail devient encore plus privilégiée qu'autrefois par rapport aux sans-bétail. Augmenter la fumure animale en saison sèche suppose de renoncer à la transhumance mais comment assurer sur place l'abreuvement du bétail et son alimentation en saison sèche ? En effet, de nombreux petits cours d'eau du plateau tarissent à cette époque de l'année, imposant un transfert de bétail près des grandes rivières. Pour lever cette contrainte, le service d'Elevage a lancé un programme d'édification de petits barrages (*sukkaande*) dont les coûts sont partagés avec les bénéficiaires².

Des systèmes d'élevage et de culture en cours d'intensification

Le maintien de troupeaux importants sur place à longueur d'année pose également le problème de leur alimentation en saison sèche. Des éleveurs en Adamaoua achètent déjà du tourteau de coton mais en destinant ce complément aux vaches laitières et aux animaux fatigués. La solution préconisée par le service d'Elevage consiste à fabriquer du foin, à partir de prairies améliorées par le semis d'une graminée (*Brachiaria*) et d'une légumineuse (*Stylosanthes*). Un Projet laitier loue son matériel pour la fauche de l'herbe et l'emballage du foin en grosses « round-balls ». Comme ces locations coûtent cher, seuls de riches éleveurs ont commencé à faire du foin.

Les solutions préconisées actuellement par le service d'élevage vont dans le sens d'une sédentarisation du bétail et de grands élevages plus intensifs. Des citadins propriétaires de bétail et quelques riches éleveurs ruraux sont susceptibles de souscrire à ce schéma technique mais sans associer l'agriculture à l'élevage.

C'est probablement la proximité de Ngaoundéré, capitale provinciale, qui a favorisé l'introduction de tracteurs dans la région. A la fin des années 70, seuls quelques citadins étaient équipés de ce matériel qu'ils utilisaient dans leurs grandes exploitations agricoles. Depuis lors, le nombre de tracteurs a beaucoup augmenté. Certains appartiennent à des entrepreneurs de travaux agricoles qui louent tracteur et charrue à raison de 25 à 30 000 F l'hectare. Seuls des propriétaires de bétail disposant de revenus monétaires peuvent engager de telles dépenses. Le tracteur présente l'avantage de travailler plus vite que l'attelage de bovins (10 fois plus vite, assurent les Foulbés) et de pouvoir commencer à labourer en fin de saison sèche. Mais à quoi bon labourer si tôt lorsque la fumure animale n'est pas encore déposée sur le champ ? Les capacités du tracteur s'extériorisent mal dans le calendrier antérieur des travaux.

Les jeunes Foulbés sont séduits par l'utilisation du tracteur. Pour eux, la traction animale est déjà une technique dépassée. Au reproche du labour trop profond par le tracteur, ils rétorquent qu'eux « savent bien labourer ». Au labour au tracteur, ils associent l'emploi d'engrais complet et l'abandon du sorgho pour le maïs. Mais les sarclages restent manuels et assurés par des saisonniers agricoles, les herbicides étant à peine connus et peu appréciés. Ce nouveau système de culture ne fait plus appel à l'élevage.

Dès lors, l'aménagement de l'espace en clôtures et haies vives ne risque-t-il pas de disparaître ? Sans doute que non. En effet, le gardiennage du bétail sera toujours déficient, par manque de main-d'œuvre et absence d'incitation. Aux champs de maïs à protéger du bétail pendant la saison agricole s'ajouteront peut-être les prairies artificielles destinées à la fabrication de foin. Les Foulbés continueront donc à clôturer.

Conclusion : une réponse agronomique à un bouleversement social

L'agro-élevage des Foulbés de Ngaoundéré n'est pas un système de production susceptible d'être transféré comme un modèle de développement. C'est une formule qui a succédé, dans un contexte géographique particulier, à un système social dissociant activités d'élevage et d'agriculture. L'ancienne domination des Foulbés sur les esclaves a été remplacée par une prééminence plus économique des Foulbés propriétaires de bétail sur les sans-bétail, qu'il s'agisse cette fois d'autres Foulbés ou d'anciens esclaves.

1. Pour des agro-éleveurs, l'emploi d'engrais complet Npk n'est peut-être pas indispensable. Des Volontaires français pour le progrès (Afvp) ont conseillé aux Foulbés de Mbang-Bouhari de compléter la fumure animale par de l'urée.

2. Le service prête un engin de terrassement tandis que les bénéficiaires paient le carburant. Plutôt que des associations d'éleveurs, ce sont de riches propriétaires de bétail qui souscrivent au programme. Les barrages sont réservés à l'abreuvement de leur bétail.

Jawmu na'i Don bee koonal : « celui qui possède des vaches dispose de fumier ». Voilà l'origine de la supériorité des agro-éleveurs dans les années 60 et 70. L'élevage leur permet de pratiquer une agriculture au moindre coût en travail : une production vivrière assurée, une culture permanente de sorgho n'exigeant pas de déplacer les champs ou de déboiser des galeries forestières. Cependant, pour éviter les risques d'enherbement, il a fallu restreindre la période de fumure, juste avant les travaux agricoles. Le système n'a bien fonctionné qu'en concentrant beaucoup de bétail aux abords des villages, en début de saison des pluies. Ces gros troupeaux doivent disposer de pâturages suffisamment larges, les herbes commençant alors à peine à pousser. C'est donc la densité du peuplement humain lui-même qui ne doit pas être trop forte.

En effet, les densités sont comprises entre 2 et 5 hab./km² dans la région de Ngaoundéré, avec quelques noyaux de 10 à 15 hab./km² (Boutrais, 1983). Cette forme d'agro-élevage implique que l'espace attribué aux pâturages soit considérablement plus étendu que celui qui est réservé aux cultures en saison des pluies. Au contraire, le peuplement par les colonies d'esclaves à l'époque pré-coloniale était relativement dense. C'est ce qu'exprime, sous une forme imagée, un informateur né au début du siècle : *naane, to iyeende toBi, a toBrataa : gure dow gure* : « autrefois, quand il se mettait à pleuvoir, tu n'étais pas mouillé (car c'était) une succession de villages »¹. Tout ce peuplement était constitué de cultivateurs : *Be Don ndema, bee BoDDum ma !* : « ils (les esclaves) cultivaient, et même beaucoup ». Une telle emprise de l'occupation agricole ne permettait pas une réelle association entre agriculture et élevage, même sans tenir compte du contexte social de l'époque. Le non-renouvellement de la population servile, sa diminution par suite d'une démographie catastrophique (Podlewski, 1971), sa dispersion à la faveur de l'affranchissement ont entraîné un dépeuplement rural des environs de Ngaoundéré. C'est sur la base d'une rétraction des espaces agricoles que les Foulbés ont mis en place leur agro-élevage.

Actuellement, les Foulbés de Ngaoundéré remplacent progressivement cette formule par deux systèmes de production distincts : une agriculture qui fait appel à des intrants externes (engrais, tracteurs, semences sélectionnées) et un élevage plus intensif qui a tendance à fonctionner à part. C'est du côté des populations des non-Foulbés (anciens esclaves, Dourous) que l'agro-élevage, autrefois spécifique des Foulbés, se maintiendrait le mieux. Ces populations acquièrent un peu de bétail bovin pour labourer avec des attelages et obtenir de la fumure animale. Mais elles restent fidèles à la culture du sorgho : leur bétail n'est pas assez nombreux et la fumure pas assez abondante pour les besoins de la culture du maïs. Alors que les Foulbés abandonnent l'agro-élevage, leur système reste un modèle pour les autres populations de la région.

Bibliographie

- AUBREVILLE A., 1950. Flore forestière soudano-guinéenne : AOF, Cameroun, AEF. Soc. d'ed. geogr. marit. et col., Paris.
- BERNARDET P., 1984a. L'association agriculture-élevage en Côte d'Ivoire septentrionale ; utilisation des déjections animales à des fins agricoles. JATBA, XXXI-3/4.
- BERNARDET P., 1984b. Association agriculture-élevage en Afrique : les Peuls semi-transhumants de Côte d'Ivoire. Paris, France, L'Harmattan.
- BOUTRAIS J., 1978. Deux études sur l'élevage en zone tropicale humide (Cameroun). ORSTOM, Travaux et documents, n° 88.
- BOUTRAIS J., 1983. L'élevage soudanien ; des parcours de savanes aux ranchs (Cameroun-Nigeria). ORSTOM, Travaux et documents., n° 160.
- CLAUDE J., GROUZIS M., MILLEVILLE P. (eds.), 1991. Un espace sahélien : la mare d'Oursi (Burkina Faso). ORSTOM.
- DEEN D., JOHNSON D., 1972. Beef cattle production on the Adamaoua plateau. US Peace Corps.

1. Djaoro Hamadjangui à Toumbéré (18 novembre 1994).

IRZ-ONAREST, 1977. Rapport annuel 1975-1976, Ngaoundéré.

LANDAIS E., LHOSTE P., GUERIN H., 1991. Systèmes d'élevage et transferts de fertilité. *In* CIRAD : Savanes d'Afrique, terres fertiles ? comment produire plus et de façon durable en zones de savanes au sud du Sahara. Paris, France, Ministère de la Coopération et du Développement.

LHOSTE P., 1987. L'association agriculture- élevage ; évolution du système agropastoral au Sine-Saloum (Sénégal). IEMVT, Etudes et synthèses, n° 21.

PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savanes ; bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. CIRAD- Ministère de la Coopération et du Développement.

PODLEWSKI A.M., 1971. La dynamique des principales populations du Nord-Cameroun ; piémont et plateau de l'Adamaoua. Cahiers. ORSTOM, Série Sciences humaines, vol. 8, n° spécial.

RIPPSTEIN G., 1985. Etude sur la végétation de l'Adamaoua : évolution, conservation, régénération et amélioration d'un écosystème pâturé au Cameroun. CIRAD-IEMVT, Etudes et synthèses, n° 14.

ROUPSARD M., 1987. Nord-Cameroun : ouverture et développement. Thèse d'Etat, Coutances.

SEIGNOBOS C., 1978. Végétation de clôture et systèmes de défense végétaux pré-coloniaux dans la zone soudano-sahélienne (Tchad et Nord-Cameroun). Annales universitaires du Tchad, n° spécial.

SILVESTRE A., 1994. La diffusion du maïs au Nord-Cameroun : dynamique de l'innovation et culture technique locale. Thèse de doctorat en géographie, EHESS, Paris.

TERSIGUEL P., 1995. Le pari du tracteur : la modernisation de l'agriculture cotonnière au Burkina Faso. ORSTOM, Coll. A travers champs.

Gestion agrobiologique et semis direct : enjeux pour l'agriculture tropicale

M. RAUNET

Cirad-Ca, av. Agropolis, 34398 Montpellier cedex 5, France

Résumé. Gestion agrobiologique et semis direct : enjeux pour l'agriculture tropicale. Cette communication rappelle les grands principes de la gestion agrobiologique du sol en zone tropicale. Cette nouvelle approche de la gestion des sols doit faire face à des contraintes physiques (agressivité des pluies, fragilité des sols, forte température) et surtout économiques (difficultés d'approvisionnement en intrants et en matériels). La gestion agrobiologique repose sur deux principes de base, d'une part, la limitation du remaniement mécanique du sol à la seule implantation de la culture (semis direct) et, d'autre part, le recyclage in situ de la biomasse produite par la culture principale (résidus de culture) et si possible celle des cultures secondaires ou plantes de couverture. Les conséquences de ce type de gestion sont maintenant bien connues : couverture permanente du sol d'où moins d'érosion, meilleure maîtrise de l'enherbement, enrichissement du sol en matière organique et en azote. Mais il est nécessaire d'adapter à de nouveaux contextes agro-écologiques et socio-économiques (Afrique, Océan indien...) les résultats obtenus par cette approche en Amérique du Sud et, en particulier, au Brésil. Par ailleurs la gestion agrobiologique des sols n'exclut pas une exploitation raisonnée de la biomasse produite par l'élevage.

Les contraintes à la production agricole en zone tropicale

Pour être compétitives et durables, les agricultures tropicales ont besoin de se fixer, de s'intensifier et de se diversifier tout en entretenant leur fertilité, et cela dans des contextes de forts risques écologiques et économiques.

Les contraintes auxquelles elles sont confrontées (tableau I) sont, en effet, d'ordre physique, agrotechnique et économique :

- une fertilité faible ou fragile liée à l'érosion hydrique, à la lixiviation des éléments minéraux, avec acidification et toxicité aluminique ; à la dégradation physique : destruction, compaction, tassement, prise en masse (l'eau et les racines ne rentrent plus) et à la minéralisation rapide de la matière organique ;
- des risques climatiques élevés, sources de fortes fluctuations de la production, dus à la répartition erratique des pluies ou aux fortes intensités pluviométriques ou encore aux excès momentanés d'eau (engorgements) ;
- des problèmes agrotechniques et de protection des cultures relatifs à l'envahissement par les adventices, aux maladies et aux ravageurs, à la fonte des semis, au manque d'équipement et à un travail du sol inadéquat ;
- des problèmes d'optimisation du travail entraînant une faible productivité et une forte pénibilité du travail et des difficultés pour tenir un calendrier prévisionnel ;

– des conditions économiques défavorables caractérisées par : une absence de trésorerie, une indisponibilité en intrants, des circuits économiques inexistant, une dépendance par rapport aux marchés, l'absence de crédit ou à des problèmes fonciers démotivants.

Que peut dire et faire l'agronome « généraliste » pour résoudre ces problèmes concrets ? Comment peut-il s'attaquer à l'ensemble de ces contraintes de façon systémique, en supposant que les contraintes économiques constitueront une donnée de base irréductible pendant encore longtemps ce qui revient à développer une agriculture avec des moyens limités ?

Tableau I. Les contraintes à la production agricole en zone tropicale.

Fertilité faible et fragile	Risques climatiques	Problèmes agrotechniques et de protection des cultures	Problèmes d'optimisation du travail	Conditions micro-économiques défavorables
Erosion mécanique	Répartition erratique des pluies	Envahissement par les adventices	Temps de travaux	Absence de trésorerie
Lixiviation : – acidification – toxicité aluminique	Fortes intensités pluviométriques	Maladies et ravageurs	Faible productivité	Indisponibilité en intrants
Dégradation physique : – déstructuration – compaction prise en masse	Excès momentanés d'eau	Manque d'équipement et travail du sol inadéquat	Pénibilité	Pas de circuits économiques
Minéralisation rapide de la matière organique	Fortes évaporations		Faible flexibilité	Dépendance par rapport aux marchés
				Absence de crédit
				Problèmes fonciers

Les principes généraux de l'approche agrobiologique

Au vu des résultats obtenus par plusieurs équipes d'agronomes du Cirad, l'approche agrobiologique centrée sur le non-travail du sol et le semis direct réalisé sur couverture végétale permanente constitue une voie originale pour le développement de l'agriculture tropicale. Cette approche associe la mise au point d'innovations, leur diffusion et la formation des utilisateurs de ces recherches.

Pour éviter toute ambiguïté car cette terminologie peut y inciter, il faut préciser que le terme « agrobiologie » a un sens différent de celui d'agriculture biologique qui, par définition, exclut l'utilisation de produits chimiques. Ce n'est pas le cas pour l'agrobiologie.

L'agrobiologie correspond à des pratiques et des ensembles de techniques qui, tout en restreignant le remaniement mécanique des sols et économisant l'emploi des intrants chimiques, se révèlent efficaces à la fois pour la protection des sols contre l'érosion et l'amélioration de leur fertilité, sur le bilan économique de l'exploitation, sur la réduction des temps de travaux et la diminution de leur pénibilité.

Ces pratiques et techniques favorisent et orientent, à l'avantage de la production agricole, les processus chimiques, physiques et énergétiques gratuits de la nature, qu'ils soient d'origine animale (microflore, macro-méso-faune), d'origine végétale (photosynthèse, production de biomasse, actions racinaires) ou d'origine climatique (lumière, pluies, condensations...). Une gestion agrobiologique fait travailler au bénéfice de l'agriculture la nature, en utilisant et développant au maximum ses ressources, en lui créant pour cela des conditions favorables et en éliminant ou réduisant les effets non désirés.

L'objectif général est de faire en sorte que les systèmes de culture mis au point et diffusés se rapprochent le plus possible de l'écosystème forestier tropical, sachant que celui-ci fonctionne du point de vue alimentation minérale, en circuit fermé. La matière organique, à *turn-over* rapide (litières et racines) recycle en permanence la fertilité, par ses « remontées biologiques ». Le système est d'une grande stabilité : l'alimentation hydrique et minérale ainsi que le micro-climat sont autorégulés. L'écosystème fonctionne biologiquement parfaitement avec l'intervention permanente d'une faune et d'une microflore qui digèrent la biomasse en continu, au-dessus et dans le sol.

Il s'agit donc pour l'agriculture, de mettre à profit l'énorme potentiel photosynthétique et biologique de la zone intertropicale pour produire de la biomasse (végétale et animale) utile et la gérer rationnellement (économiquement et agronomiquement) au sein des systèmes de culture.

Cette biomasse végétale peut provenir de culture principale (ses résidus de récolte), mais aussi des plantes de couverture annuelles ou pérennes, installées en association en succession ou en dérobé de la culture principale. Elle peut être constituée aussi par des apports extérieurs tels que les émondes des haies agroforestières et les pailles de la brousse.

En dehors de ses effets agronomiques bénéfiques, la production de biomasse autre que celle de la culture principale, devra avoir un intérêt économique et ne devra pas être une source de travail supplémentaire pour l'agriculteur.

Deux principes de base à respecter sous-tendent ces technologies. Le premier est de limiter le remaniement mécanique du sol à la seule implantation de la semence, de le couvrir pour le fixer et le protéger totalement et toute l'année du ruissellement érosif, de minimiser les amplitudes thermiques et d'humidité et ainsi, de reconstruire un écosystème stable favorable à l'activité biologique et à la préservation de la matière organique du sol. Le deuxième est de faire travailler la nature, en l'occurrence le système sol/biomasse, en utilisant ses ressources (photosynthèse, macro et méso-faune, microflore, libération des éléments minéraux immobilisés et piégés...) par l'action bénéfique et améliorante de certaines plantes de couverture annuelles ou pérennes et de successions ou associations culturales choisies.

Les principes énoncés ainsi peuvent paraître simples, leurs modalités de mise au point puis de transfert, en fonction des écologies, des pratiques paysannes et des systèmes agraires concernés sont complexes. Il faut cependant rappeler que les petites agricultures paysannes traditionnelles de la zone tropicale humide, basées sur les systèmes de culture itinérants sur brûlis, pratiquent le semis direct, sans travail du sol de manière ancestrale. Les voies proposées de gestion définitive des brûlis et avec couverture permanente du sol (résidus de récolte, biomasses « cultivées » au moindre coût). Il ne s'agit pas d'une « technique » mais d'un ensemble de techniques, formant une combinaison d'innovations, qui doivent être coordonnées dans le temps et dans l'espace de l'exploitation. Elles obéissent à des principes et pratiques généraux maintenant connus et bien maîtrisés au Brésil, mais qui doivent être adaptés et réajustés en fonction des contraintes pédoclimatiques et socio-économiques locales. Pour être appropriées, ces techniques, souvent radicalement innovantes par rapport aux pratiques traditionnelles, requièrent absolument une bonne connaissance des pratiques traditionnelles et une implication active des agriculteurs. L'introduction de ces innovations doit considérer l'ensemble du système de production et s'assurer de la faisabilité des solutions proposées, sur les plans agrotechnique et agro-économique.

Elles doivent donc être abordées à la fois dans leurs dimensions agronomique, agrotechnique et agrosocio-économique, qui se combineront différemment et de façon spécifique selon les situations agraires.

Sur le plan agronomique, des relations eau-sol-plante, les pratiques agrobiologiques devront être efficaces et évaluées spécialement en matière de défense des cultures (phytopathologie, entomologie, malherbologie, lutte intégrée), de nutrition minérale et hydrique, d'évolution du sol (décapage, teneur en matière organique, activité biologique, porosité, structure, réserves minérales, acidité...) et de relations entre plantes proches (synergies, allélopathies, compétitions hydriques et minérales, ombrages...)

Sur le plan agrotechnique, les différentes voies agrobiologiques améliorées et optimisées impliquent des solutions et choix agrotechniques dépendant des effets agronomiques recherchés mais aussi des degrés de technicité, des niveaux économiques et de la force de travail des agriculteurs. C'est tout l'aspect outillage avec ses voies d'amélioration qui devront être abordés, que ce soit en agriculture manuelle, mécanisée (culture attelée) ou motorisée et que cela concerne le défrichement, la préparation du sol, le semis, l'entretien ou la récolte.

Les innovations d'ordre agrobiologique dépendent dans leurs modalités proposées, des conditions méso et micro-économiques, aux échelles régionales, locales et des exploitations. Par ailleurs, pour être adoptées par les agriculteurs, elles doivent être, avant tout (avant d'améliorer le « capital sol ») sources de bénéfices économiques et sociaux (qualité et conditions de vie) à court terme. Cela, par exemple, correspond à une diminution de la pénibilité du travail, la diversification des productions, l'amélioration du bilan fourrager, l'augmentation des marges nettes, la capitalisation et l'investissement progressifs. Des techniques comme le semis direct, peuvent ainsi avoir des conséquences sur la gestion de l'ensemble de l'exploitation.

Les conséquences du semis direct et de la gestion agrobiologique des sols

Les conséquences sur la fertilité et les relations eau-sol-plante-climat

- Les effets constatés et attendus (tableau II) concernent :
- l’amélioration du bilan minéral : fixation de l’azote atmosphérique (par les légumineuses), limitation de la lixiviation et « recyclage » des éléments minéraux par des systèmes racinaires complémentaires dans leur profondeur et par leur biomasse (fermeture du système sol-cultures à l’image de l’écosystème forestier), « déblocage » des éléments rétrogradés, tel le phosphore, par les sesquioxides (Fe, Al), accroissement de l’extraction et de la mobilisation des bases (K, Ca, Mg) et des oligo-éléments du complexe argilo-humique (grâce aux exsudats racinaires), détoxification de l’aluminium échangeable par complexation avec les acides organiques et l’azote nitrique de décomposition lente de certaines litières ;
 - l’amélioration physique et l’aération du profil cultural, par l’entretien d’une forte macroporosité et la création d’une structure stable grâce à la colonisation profonde du sol par des systèmes racinaires restructurants et recycleurs, augmentant les réserves en eau et en éléments nutritifs accessibles aux cultures ;
 - la régulation du micro-climat par amortissement des variations de la température du sol, moindre évaporation, amélioration du bilan hydrique, donc en définitive moindre dépendance par rapport aux risques climatiques ;
 - la création d’une forte activité biologique (macro et méso-faune, microflore) à effets renforçant les actions précédentes, du fait de l’entretien d’un micro-climat tamponné et de l’arrêt du chamboulement répété du sol ;
 - l’amélioration du bilan organique, en qualité, en quantité et en profondeur, par les actions biologiques précédentes ;
 - le contrôle de la flore adventice, par l’obscurité due aux couvertures et leurs effets allélopathiques qui limitent efficacement la germination et l’émergence des mauvaises herbes, influençant fortement la sélection des espèces et facilitant donc leur contrôle chimique à moindre coût ;
 - la limitation des maladies et ravageurs des cultures (par exemple : nématodes, pseudomonas, vers blancs, striga, cyperus...).

Les conséquences sur la production et les conditions de travail des agriculteurs

A ces effets bénéfiques sur le milieu et sa fertilité, il faut ajouter les avantages économiques : diminution des intrants, économie substantielle de main-d’œuvre, souplesse dans les calendriers culturaux, nette amélioration du bilan fourrager de l’exploitation. Pour les agriculteurs, ce sont ces avantages qui sont déterminants pour l’acceptation des techniques agrobiologiques.

Tableau II. Effets attendus du semis direct sur couvertures.

Bilan minéral	Propriétés physiques	Micro-climat	Activité biologique	Bilan organique	Flore adventice	Dégâts aux cultures	Economie travail
Fixation N	Forte macro-porosité et aération	Risques climatiques tamponnés	Augmentation et diversification mésofaune et microflore	Accroissement du taux de matière organique	Forte réduction par obscurité et allélopathie	Maladies	Diminution et flexibilité du travail
Recyclage éléments minéraux	Structure stable	Amortissement des amplitudes thermiques		Incorporation en profondeur		Ravageurs	Moindre pénibilité
Séquestration du carbone	Approfondissement du profil cultural	Réduction de l'évaporation	Actions physiques et géochimiques	Actions des matières organiques libres hydro-solubles		Economies herbicides et pesticides	Économie d'intrants
Déblocage des éléments rétrogradés	augmentation de l'infiltration	Conservation de l'eau					Diversification
« Détoxification » de l'aluminium							Bilan fourrager amélioré
							Régularité des rendements
							Augmentation des marges nettes

Les expériences passées et en cours

Après les Etats-Unis (Ohio...), ces ensembles de techniques ont d'abord été développés en régions subtropicales dans les Etats du sud du Brésil, puis ont été adaptés spécifiquement à ses régions chaudes intertropicales du Centre et du Nord par le Cirad depuis 1988. Dans ces régions du Sud-Brésil (aux écologies assez similaires à celles des Hautes Terres malgaches ou des Hauts de la Réunion), 3,5 millions d'hectares utilisent aujourd'hui ces technologies. Adaptées par une équipe du Cirad, elles se sont diffusées à vitesse galopante dans les écologies intertropicales de savanes et forêts du centre-ouest du Brésil (près de 3 millions d'hectares actuellement). Dans les autres pays d'Amérique latine, le semis direct est pratiqué sur une dizaine de millions d'hectares (Argentine, Paraguay, Chili, Venezuela) aussi bien en petite agriculture manuelle et traction animale qu'en agriculture mécanisée. Une véritable révolution agricole est en marche, c'est la voie de la révolution doublement verte, qui part du Brésil.

Dans l'Océan Indien, ces techniques sont en cours de développement en particulier dans les Hauts de l'Ile de la Réunion. A Madagascar, cette phase de création-diffusion a été entreprise depuis 1990 par le Cirad avec ses partenaires (Fofifa, Kobama, Fifamanor, Tafa, Anae, Fafiala, Pso, etc.) qui ont maintenant pris le relais et qui sont organisés en réseau national.

La maîtrise possible, agrotechnique et économique de ces techniques, en milieu réel dans diverses écologies, leur adaptabilité à la diversité des paysannats, montre clairement qu'elles sont à la fois :

- efficaces durablement contre l'érosion en agissant à la source et permettant de gérer durablement la fertilité à moindre coût ;
- économiquement accessibles à tous les types d'agricultures, des plus petites, manuelles et défavorisées, aux plus grandes, motorisées.

Partie III

Quelques méthodes innovantes pour l'analyse et l'intervention en milieu tropical



Introduction et résumé des débats

Cette troisième partie regroupe 5 communications qui présentent des méthodes d'analyse utilisées dans le cadre de projets de recherche pluridisciplinaire traitant des relations agriculture élevage, de la gestion des ressources naturelles (sol, parcours, eau) et plus particulièrement de la gestion de la fertilité des terres. Elles couvrent une large gamme de disciplines : géographie, écologie, zootechnie et agropastoralisme (M. Loireau *et al.* ; A. Ickowicz *et al.*) ; économie et modélisation (J. Rouchier et M. Réquier Desjardins) ; agronomie et économie (S. Kanté).

Deux types de méthodes sont présentés dans ces communications : celles relatives à l'analyse des pratiques et à la représentation des phénomènes étudiés (spatialisation des données, modélisation, système multiagent) (M. Loireau *et al.* ; A. Ickowicz *et al.* ; J. Rouchier et M. Réquier Desjardins) et celles s'inscrivant dans une dynamique de recherche-action et d'appui aux producteurs (S. Kanté ; B. Montel). Dans la plupart des cas, ces méthodes combinent sciences sociales et sciences biologiques. Ainsi les travaux menés par l'Ird dans le sud-ouest du Niger avaient pour objectifs d'étudier le fonctionnement interactif des systèmes écologiques et des systèmes sociaux (la façon dont les acteurs mettent en valeur les terres). Cette méthode testée sur une petite région (20 km x 20 km) et ayant recours à la télédétection a permis de quantifier et localiser les ressources utilisables par les agriculteurs et les éleveurs de manière systématique et automatique sur une période de l'ordre de la décennie. Une utilisation de cette méthode sur des espaces plus vastes est envisagée. Les travaux du programme Alimentation du bétail tropical au Sénégal oriental (A. Ickowicz *et al.*) avaient pour objectif de mettre en relation les pratiques d'élevage et l'utilisation de l'espace au niveau du terroir agropastoral. La méthode d'analyse combine plusieurs approches sectorielles : suivi géographique de troupeaux, suivi de l'excrétion, suivi des prélèvements d'aliment par le bétail. L'ensemble de ces données alimente un Sig comprenant une carte d'occupation des sols et une carte des ressources alimentaires. Ces travaux mettent en relief les raisonnements des éleveurs pour l'utilisation des ressources fourragères du terroir.

L'étude des relations entre types d'acteurs (éleveurs transhumants et sédentaires, agro-éleveurs) pour l'accès au pâturage et à l'eau dans la province de l'Extrême-Nord du Cameroun (J. Rouchier et M. Réquier Desjardins) repose sur la combinaison d'une approche économique et de la modélisation informatique. Les observations de terrain de l'économiste ont permis d'élaborer l'ébauche d'un modèle fondée sur deux types de relation pour l'accès aux ressources nécessaires au bétail : des relations marchandes du type offre-demande et des relations sociales basées sur des affinités culturelles et des liens de parenté. Le système multiagent (Sma) est en cours d'élaboration et n'a donc pas été confronté à la représentation que les différents acteurs se font de l'accès aux ressources pastorales dans la région où ils interviennent.

Les travaux de recherche-action relatifs à la gestion des effluents d'élevage en Bretagne et à la gestion de la fertilité des terres au Mali-Sud ont un objectif commun : proposer une démarche aux différents acteurs pour guider les changements. La communication présentant la méthodologie d'intervention et quelques résultats obtenus au Mali-Sud est complétée par une présentation du guide pratique « La gestion de la fertilité des sols en Afrique » édité par le Kit. En zone cotonnière au Mali, l'échelle d'intervention privilégiée est l'exploitation agricole. Alors qu'en Bretagne, la méthodologie proposée combine trois niveaux d'analyse et d'intervention : l'exploitation agricole (associant système de culture pouvant valoriser les effluents des systèmes d'élevage), le bassin versant pris comme unité de gestion des eaux et de la pollution et la filière élevage (bovin ou porcin) regroupant les fournisseurs d'aliments du bétail, les éleveurs, les marchés et les collectivités locales.

Ces différentes méthodologies comprennent trois phases plus ou moins développées selon les cas et les objectifs finaux :

- l'observation des pratiques, des flux et des espaces ;

- le traitement et la valorisation des données pour rendre compte des fonctionnements des systèmes de production, des systèmes agraires, etc. ; la modélisation peut être utilisée à ce stade et permet de généraliser et donc de dépasser les constats locaux ;
- l'appui aux interventions des acteurs.

La place des acteurs dans le processus de recherche

Par rapport aux différentes expériences présentées dans cet atelier, on peut s'interroger sur la place des acteurs et en particulier celle des producteurs utilisateurs des ressources naturelles dans le processus de recherche (ou de recherche-action). Deux grandes options émergent de ces communications et des discussions qui s'en sont suivies.

Une attitude de simple observateur : le chercheur comprend en s'appuyant sur des connaissances acquises par observation ou transmises par les acteurs. Son objectif est certes de valoriser les connaissances endogènes mais pas d'influer directement sur les fonctionnements observés. La valorisation de ces travaux passe par une extrapolation des résultats à plus grande échelle et par l'utilisation de ces résultats par d'autres structures (Etat, services publics, opérateurs de développement).

Une attitude constructiviste : le chercheur s'engage dans un processus de recherche-action associant différents partenaires (producteurs, collectivités locales, intervenant des filières). Dans ce cas, l'objectif de la recherche n'est pas seulement l'acquisition de connaissances scientifiques mais aussi la construction d'un outil d'aide à la décision (par exemple pour gérer la pollution due à l'élevage à l'échelle du bassin versant).

L'interdisciplinarité

Pour traiter de problèmes complexes comme l'accès aux ressources, les relations agriculture élevage, la gestion de la fertilité..., il est nécessaire d'avoir recours à l'interdisciplinarité. Les participants ont ainsi souligné la faible place accordée à l'économie dans les travaux qui ont été présentés lors de l'atelier. Dans bien des cas, les changements sont guidés par le niveau de rentabilité des innovations proposées aux producteurs. Il faut aussi prendre en compte la variabilité des résultats techniques et économiques et donc la prise de risque des producteurs qui sont liés aux aléas climatiques, socio-économiques et écologiques (maladies des végétaux et du bétail). De ce fait, les propositions élaborées avec les producteurs doivent être suffisamment robustes et « vivables » tant du point de vue technique, économique (lutte contre la pauvreté) que sociale (réduction de la pénibilité du travail, équité homme-femme...).

A quelle échelle et sur quels systèmes intervenir ?

Par rapport à la question de recherche posée (par exemple, l'élevage contribue-t-il effectivement à l'entretien de la fertilité du sol ?) on doit nécessairement s'interroger sur la pertinence du niveau d'analyse retenu (la parcelle, l'exploitation agro-pastorale, l'unité de paysage, le terroir villageois, le territoire coutumier, etc.). Il est souvent nécessaire de travailler à différentes échelles et, dans ce cas, la difficulté est d'explicitier les relations entre les différents niveaux d'organisation et d'action. Pour illustrer ce propos on peut rappeler que les données issues d'un suivi de parcelles (suivi de fertilité chimique, d'érosion...) n'ont pas la même signification que les données issues de l'observation d'un espace plus vaste (un bassin versant). A ces deux types d'entités correspondent des modèles explicatifs différents. Par ailleurs, une recherche réalisée sur un nombre de cas limité doit aboutir à des résultats généralisables. Pour ce faire, il faut veiller, au démarrage des travaux, à la représentativité des cas étudiés. A partir des travaux présentés lors de l'atelier, on retiendra la nécessité d'aller plus loin dans l'étude du fonctionnement des espaces villageois et des relations entre terroir villageois et régions.

L'apport de la modélisation

Le terme de modélisation regroupe des méthodes et des objectifs très diversifiés. En simplifiant, on rappellera que la modélisation consiste à proposer une représentation simplifiée et explicative de la réalité. Les modèles proposés peuvent être explicatifs ou prédictifs ou les deux à la fois. La plupart des travaux présentés lors de cet atelier avait comme objectif d'élaborer des modèles, d'avoir recours à la modélisation pour répondre à une question de recherche. Force est de constater que cet objectif est rarement atteint sauf en ce qui concerne les modèles explicatifs simples (un simple schéma mettant en relation les éléments d'un système constitue aussi un modèle) ou les méthodes de modélisation économique déjà éprouvées (programmation linéaire). Les chercheurs de terrain sont peu coutumiers des méthodes de modélisation complexe (Sma, modèle biophysique) et les appuis dans ce domaine semblent difficiles à organiser. Des approches pragmatiques du type de celle qui a été développée au Mali-Sud restent très utiles pour organiser les appuis aux producteurs.

Evolution de la place de la jachère dans l'utilisation de l'espace et des ressources d'une petite région au Sahel agropastoral nigérien

Essai d'analyse spatiale des interactions
entre systèmes écologiques et systèmes sociaux

M. LOIREAU, J.M. D'HERBES, E. DELABRE

Orstom, Maison de la Télédétection, 500 rue J.F. Breton, 34398 Montpellier cedex 5, France

Résumé. Evolution de la place de la jachère dans l'utilisation de l'espace et des ressources d'une petite région au Sahel agropastoral nigérien. Essai d'analyse spatiale des interactions entre systèmes écologiques et systèmes sociaux. Le paysage est la résultante observable de deux séries de facteurs en interaction, les uns issus des systèmes écologiques, les autres issus des systèmes sociaux. Pour comprendre un paysage actuel et pronostiquer son évolution, il faut connaître la part respective de ces deux séries de facteurs en interaction. La démarche que nous proposons consiste, dans un premier temps, à désagréger le paysage en deux plans d'informations spatiales distincts ; l'un rendant compte du fonctionnement des systèmes écologiques à travers la spatialisation des différents facteurs biophysiques déterminant un niveau de production des ressources (détermination d'Unités paysagères = Up), l'autre rendant compte du fonctionnement des sociétés à travers la spatialisation des pratiques appliquées par les hommes pour exploiter leur milieu (détermination d'Unités de pratiques homogènes). Ces dernières n'étant pas directement visibles dans le paysage, il est nécessaire de construire un modèle d'utilisation de l'espace et des ressources pour spatialiser les pratiques. Dans un deuxième temps, le croisement de ces deux plans d'informations spatiales permet de déterminer des Unités dites spatiales de référence (Usr) sur lesquelles, par construction, il est possible d'interpréter la part respective des facteurs socio-économiques et biophysiques, d'établir des bilans spatialisés entre les ressources et les usages pour chaque usage identifié et enfin de rendre compte d'un bilan multi-usage. Une même portion de l'espace peut être utilisée synchroniquement et/ou diachroniquement selon différents usages par les sociétés. Au Sahel agropastoral, la jachère est un espace-ressource (elle produit des ressources ligneuses et herbacées par exemple) typiquement multifonctionnel. Elle joue plusieurs rôles : agricole (gestion de la fertilité des sols et des adventices), pastoral (pâturage) et forestier (prélèvements de bois-énergie). Ces différentes activités humaines vont être plus ou moins intensives selon les besoins de la population, mais aussi selon la « disponibilité » des jachères : surfaces relatives et distribution spatiale. La méthodologie proposée pour la compréhension d'un paysage, appliquée sur une zone agro-pastorale du Sahel nigérien (site de Banizoumbou) permet de déterminer la quantité et la qualité des jachères, leur production, leur distribution spatiale sur un territoire donné, et de les mettre en relation avec les différentes activités humaines (quantifiées) qui affectent leurs ressources. L'évolution des jachères (essentiellement à travers leur durée et leur localisation par rapport au centre villageois et à la géomorpho-pédologie) a pu être mise en évidence de 1950 à nos jours. Grâce au modèle d'utilisation de l'espace et des ressources établi, intégré dans un système complexe d'analyse (système d'information sur

l'environnement reliant modèles, système d'information géographique, bases de données et tableurs), il est possible de pronostiquer l'évolution de la jachère dans le paysage en modifiant des variables clés du système (telles que la démographie à titre d'exemple).

Introduction

Définition des espaces-ressources et place de la jachère au Sahel agro-pastoral

Au Sahel agropastoral, le multi-usage de l'espace et des ressources est la règle. Ainsi, la jachère, dont la fonction de base est agricole, principalement pour la gestion de la fertilité des sols et des adventices (Ruthenberg, 1983 ; Olsson, 1984 ; Sebillotte ; 1985 et Delabre, 1998) mais aussi pour d'autres fonctions (Serpantié, 1993), fait aussi partie de l'espace pastoral (Jouve et David, 1985 ; Hiernaux et Fernandez-Riviera, 1996 ; Faure, 1997) et forestier (Loireau, 1998), pour ne citer que les usages ayant un impact significatif sur les ressources. Ces usages seront plus ou moins intensifs selon les besoins de la population et la « disponibilité » des jachères : surfaces relatives et distribution spatiale. Barrière et Barrière (1997) ont proposé la notion d'« espace-ressource » pour désigner l'espace défini par la disponibilité de ressources identifiées par rapport à un usage et un seul. La même portion de territoire, la jachère par exemple, peut cependant appartenir à plusieurs « espaces-ressources », soit simultanément, soit consécutivement au cours des saisons ou des années.

La distribution spatiale et les caractéristiques des parcelles en jachère sont déterminées à la fois par les facteurs écologiques qui définissent les niveaux de production (qualité des sols par exemple) et par leur appartenance à un système de gestion, lui-même soumis au fonctionnement des groupes sociaux utilisateurs. La prise en compte de cette « géographie » des jachères et des différents espaces-ressources associés suppose une analyse à l'échelle du paysage du fonctionnement interactif des systèmes écologiques et des systèmes sociaux.

Cet article se propose de répondre à quelques-unes des difficultés méthodologiques qui surgissent dans l'analyse spatiale de ces interactions. L'approche méthodologique proposée permet de retracer l'évolution de la durée et de la localisation des jachères dans l'espace agricole zarma nigérien, ainsi que leur contribution à la production de ressources multi-usages.

Concepts et méthodologie pour comprendre un paysage et pronostiquer son évolution

Le paysage est considéré comme la résultante observable de deux séries de facteurs en interaction : les uns issus des systèmes sociaux, les autres issus des systèmes écologiques. A l'heure actuelle, peu de travaux ont été menés sur la manière dont ces facteurs interagissent au niveau spatial, étant donné qu'ils font traditionnellement référence à des unités spatiales différentes. Les systèmes sociaux sont classiquement associés à des espaces d'organisation « administratifs » tels que le terroir villageois, le canton, l'arrondissement... alors que les systèmes écologiques sont classiquement associés à des unités spatiales du milieu telles que la station, le bassin versant, la petite région... Face à cette difficulté et dans l'objectif de connaître la part respective des deux séries de facteurs en interaction sur le paysage, nous proposons de désagréger le paysage en deux plans d'informations spatiales distincts (Loireau, 1998 ; Loireau et d'Herbes, 1997) :

- l'un rendant compte du fonctionnement des sociétés, à travers la spatialisation des pratiques appliquées par les populations pour exploiter les ressources (détermination d'Unités de pratiques homogènes : Uph ;
- l'autre rendant compte du fonctionnement des systèmes écologiques, à travers la spatialisation des facteurs biophysiques déterminant un niveau de production des ressources (détermination d'Unités paysagères = Up).

Ensuite, il s'agit de croiser ces deux plans d'informations spatiales pour déterminer de nouvelles Unités dites spatiales de référence ($Usr = \text{plus petit commun dénominateur entre Uph et Up}$) sur lesquelles, de par leur construction, il devient possible d'interpréter la part respective des facteurs socio-économiques et biophysiques, d'établir des bilans spatialisés entre les ressources et les usages pour chaque usage identifié, de rendre compte d'un bilan multi-usage. Si les Up peuvent être directement identifiées, par

exemple par l'analyse d'images satellitales, les Uph, par définition, ne sont pas directement perceptibles dans le paysage : leur construction impose le passage par un modèle spatialisé d'utilisation de l'espace et des ressources.

Zone d'étude :

le site de Banizoumbou et la place de la jachère

Dans le Sahel agropastoral du sud-ouest nigérien, l'espace est subdivisé en deux grands ensembles : les plateaux cuirassés non cultivés, recouverts de végétation naturelle organisée en bandes plus ou moins contractées ; le reste, c'est-à-dire un grand ensemble sableux d'origine éolienne ou alluviale, est facilement cultivable avec les outils traditionnels manuels (la culture céréalière principale étant le mil). Le système de culture appliqué est un système extensif dans lequel, traditionnellement, la jachère est la principale technique de gestion de la fertilité des sols. Selon la pression de la population (essentiellement zarma) sur son milieu, les parcelles agricoles (cultivées ou en jachère) envahissent cet espace sableux.

Sur le site de Banizoumbou (20 x 20 km à 70 km à l'est de Niamey ; pluviométrie moyenne annuelle de 550 mm), le paysage s'est complètement transformé en l'espace d'un demi-siècle (de 1950 à nos jours) ; 12 % de l'espace cultivé en 1950, 35 % en 1975 et 71 % en 1992 (Leduc et Loireau, 1997). Dans cet espace de plus en plus agricole, la jachère est encore très présente. Une classification supervisée d'images satellitales Spot Xs effectuée sur 6 dates d'acquisition en fin de saison des pluies de 1986 à 1996 (Bonnefon Craponne, 1997) donne les répartitions spatiales moyennes suivantes : 19 % de plateaux cuirassés, 39 % de jachères (entre 33 et 46 % suivant les années ; 41 % en 1996) et 41 % de champs cultivés (entre 35 et 48 % ; 40 % en 1996).

Méthodes

Méthodologie appliquée au Sahel agropastoral

L'agriculture étant l'activité humaine la plus déterminante dans la structuration fondamentale du paysage agropastoral sahélien (découpage en parcelles), la représentation spatiale des activités et des pratiques sur l'espace rural a été effectuée à partir du modèle agricole d'utilisation de l'espace et des ressources. L'une des caractéristiques de ces zones est l'extrême instabilité spatiale et temporelle des parcelles, tout aussi bien dans leur contenu (cultures, jachères, brousse) que dans leur contenant (limites) ; ce qui rend impossible une cartographie automatique et actualisée. Le changement d'échelle est obligatoire afin de définir des unités spatiales majeures dont on connaît la proportion moyenne de chacun des types d'unités élémentaires (jachères, cultures, brousse) (Loireau et d'Herbes, 1997). Ces unités doivent rendre compte de la logique spatiale globale d'exploitation des ressources par l'ensemble des habitants d'un terroir villageois. Le terroir est en effet retenu comme l'unité d'étude des interactions ressources-usages, étant donné sa relation avec la création d'un village et l'extension des terres agricoles jusqu'aux bordures des terres du village avoisinant.

Echantillonnage et recueil de données

Huit villages ont été retenus selon deux critères : l'un de type biophysique (disponibilité en terres facilement cultivables), l'autre de type social (ancienneté d'installation des villages). Dans ces villages, une enquête socio-économique a été réalisée auprès de chaque chef d'exploitation, principalement pour établir une typologie des exploitations (associées à un système de production) de la zone (Loireau, 1998), deuxième base d'échantillonnage pour le recueil de données de l'ensemble des activités. Les règles de spatialisation des pratiques agricoles ont été établies à partir des données recueillies (historique d'occupation des terres, pratiques) selon le principe d'un double échantillonnage des parcelles agricoles, soit sur transects radiaux centrés sur les villages sélectionnés, soit à partir des exploitations échantillonnées (Loireau et al., 1997).

Modèle d'utilisation agricole de l'espace

Des classes de pratiques homogènes ont été définies selon une combinaison spécifique des durées moyennes des jachères et des cultures, de l'intensité d'intrants et des critères de changement d'affectation parcellaire. Cette typologie (tableau I) a été réalisée par classification hiérarchique des éléments retenus, le premier élément étant la durée des jachères. A chaque élément de classe est associé un degré d'artificialisation d'autant plus fort que la durée de la jachère est courte, la durée des cultures longue, l'intensité des intrants forte et les critères de changement d'affectation parcellaire liés aux pratiques elles-mêmes. La somme de ces degrés permet de calculer un degré d'artificialisation global (Da) par classe de pratiques combinées.

La localisation de ces pratiques dans l'espace autour des villages est liée aux facteurs de production : la disponibilité en terres cultivables (liée à l'accès foncier de la parcelle, sa distance au village et la qualité des sols pour la culture du mil), la disponibilité de main-d'œuvre agricole (particulièrement déterminante au moment du sarclage) et enfin le matériel agricole. Les relations statistiques entre les classes de pratiques combinées et leur degré d'artificialisation, associées aux facteurs de production, permettent de déterminer les grandes lois de spatialisation du modèle agricole (Loireau, 1998) :

- plus la distance au village est élevée, plus l'investissement agricole humain est faible ;
- les pratiques agricoles sont d'autant plus intensives que la qualité des sols est bonne ; une carte des qualités des sols a été élaborée à partir d'une simplification et d'une expertise des attributs des unités morpho-pédologiques de la carte réalisée par Nagumo (1992) sur la zone ; trois indicateurs de la qualité des sols sont retenus : fertilité et comportement hydrique, facilité à cultiver selon les techniques agricoles traditionnelles ;
- la Production moyenne annuelle par cycle cultural (Pmac) est d'autant plus importante que la qualité des sols est bonne et que les pratiques culturales sont intensives (figure 1). La Pmac est calculée en tenant compte des années de jachères (production en mil nulle). A Banizoumbou, la plupart des systèmes de culture sont extensifs, avec la pratique de la jachère (Da < 200), mais peu productifs relativement aux surfaces occupées (Pmac < 100 kg/ha/an). Dès que la jachère est inférieure à 2 ans, la Pmac augmente de manière exponentielle ; deux systèmes de cultures sont en fait juxtaposés : l'un, intensif près des villages, et l'autre, extensif, au-delà du premier, dans lequel la jachère occupe encore une grande place.

Tableau I. Typologie des pratiques culturales combinées et définition d'un degré d'artificialisation combiné.

Classes de pratiques combinées	Durée jachères			Durée cultures			Intensité des intrants		Critères de décision d'affectation parcellaire		Degré artificiel" global
	Classe	Moy.	Degré artif.	Classe	Moy.	Degré artif.	Classe	Degré artif.	Type	Degré artif.	
1	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	Aucun	0	0,00
2	> 5	13 (5)	0,00	0	0	0,00	0	0	Socio-économique	33	33,00
3	> 15	22 (6)	4,55	]3-20]	9 (4)	25,71	1	25	Socio-économique	33	88,26
4	]5-10]	9 (2)	11,11	]3-20]	12 (6)	34,29	1	25	Socio-économique	33	103,40
5	]5-10]	7 (1)	14,29	]0-10]	7 (3)	20,00	1	25	Biophysique	67	126,29
6	]3-5]	5 (1)	20,00	]0-10]	6 (2)	17,14	1	25	Biophysique	67	129,14
7	]0-3]	3 (1)	33,33	]0-10]	7 (3)	20,00	1	25	Biophysique	67	145,33
8	]3-5]	4 (1)	25,00	]0-5]	5 (1)	14,29	2	50	Rotation active	100	189,29
9	]3-5]	4 (1)	25,00	]5-10]	8 (1)	22,86	1	25	Rotation active	100	172,86
10	]0-3]	2 (1)	50,00	> 10	31 (31)	88,57	3	75	Rotation active	100	313,57
11	0	0	100	infini	35 (35)	100	4	100	Rotation active	100	400,00

Moy. = Moyenne ; artif. = artificialisation ; les chiffres entre parenthèses correspondent aux écartypes des durées moyennes des jachères et des cultures.

nécessaire pour atteindre cet objectif de production.

– il existe une distance seuil au-delà de laquelle l'effort nécessaire pour appliquer des pratiques culturales intensives devient beaucoup plus important par rapport aux autres pratiques.

Un modèle informatique (Sigest ; Gayte et al., 1997 ; Loireau et al., 1997) a été élaboré à partir de ces règles pour déterminer automatiquement les Unités de pratiques homogènes (Uph). Il calcule l'intérêt pour un paysan d'appliquer chacune des pratiques en fonction de l'effort à fournir selon la qualité des sols et la distance au village, pour obtenir une production de mil équivalente. Ensuite, il permet d'affecter à chaque point de l'espace la classe de pratiques pour laquelle l'intérêt est maximum. Le regroupement des points de même fonctionnement constitue, par définition, une Uph.

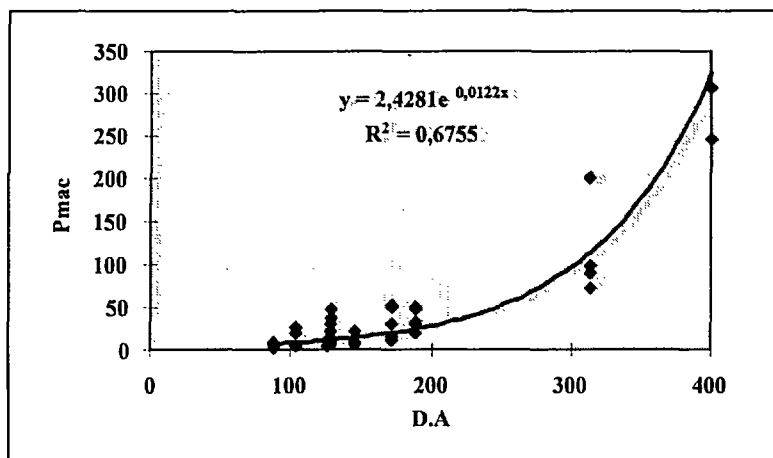


Figure 1. Relation entre Degré d'artificialisation (Da : associé aux classes de pratiques agricoles combinées) et Production moyenne annuelle par cycle cultural (Pmac : en kg/ha/an) sur le site de Banizoumbou, Niger (d'après Loireau, 1998).

Résultats

Les Unités de pratiques homogènes (Uph)

Une simplification de la typologie (tableau I) en 4 classes a été effectuée dans l'objectif de croiser la carte des Uph (figure 2) avec celle des Up. L'unité de type 1 (= 10+11 de la typologie ; 7 % de l'espace) est caractérisée essentiellement par des cultures permanentes ; la classe 2 (= 8+9 ; 12 %) par des jachères courtes (4 ans en moyenne) ; la classe 3 (= 5+6+7 ; 34 %) par des jachères assez longues, entre 5 et 7 ans ; la classe 4 (= 1+2+3+4 ; 27 %) par des cultures sporadiques (liées à des opportunités par exemple climatique et de disponibilité de main d'œuvre) dans un espace à jachères très longues (moyenne de 16 ans). Le calcul des surfaces sur l'ensemble des Uph de la zone d'étude permet d'évaluer à 39 % l'espace en jachère, 41 % en culture et 20 % en végétation naturelle (les mêmes proportions que celles obtenues par analyse multitempore d'images Spot ; Bonnefon-Craponne, 1997) ; 64 % des jachères auraient moins de 5 ans, 21 % entre 6 et 10 ans et 15 % supérieures à 10 ans.

Evolution de l'âge moyen des jachères et des systèmes de culture

L'évolution de la durée des jachères au Sahel du sud-ouest nigérien n'est pas une diminution linéaire du temps de jachère, comme on le constate généralement à l'échelle du Sahel (Floret et Pontanier, 1993). Il apparaît (figure 3) tout d'abord une augmentation de la durée moyenne des jachères entre 1950 et 1965 (de 3 ans à 9 ans), suivie d'une stabilisation de cette durée entre 1965 et 1973 (autour de 8 ans) et enfin d'une diminution générale entre 1975 et 1995 (retour à la situation de 1950 ; Loireau, 1998). Cette évolution est essentiellement due à l'apparition progressive de jachères anciennes (> 10 ans) dans les premières phases, puis à leur disparition progressive dans la troisième phase, et à l'augmentation de l'âge moyen des jachères de plus de 10 ans au cours de la première phase et à leur diminution dans la troisième phase. Les moyennes d'âge dans les autres classes de jachères ne varient pas significativement au cours du temps (Loireau, 1998).

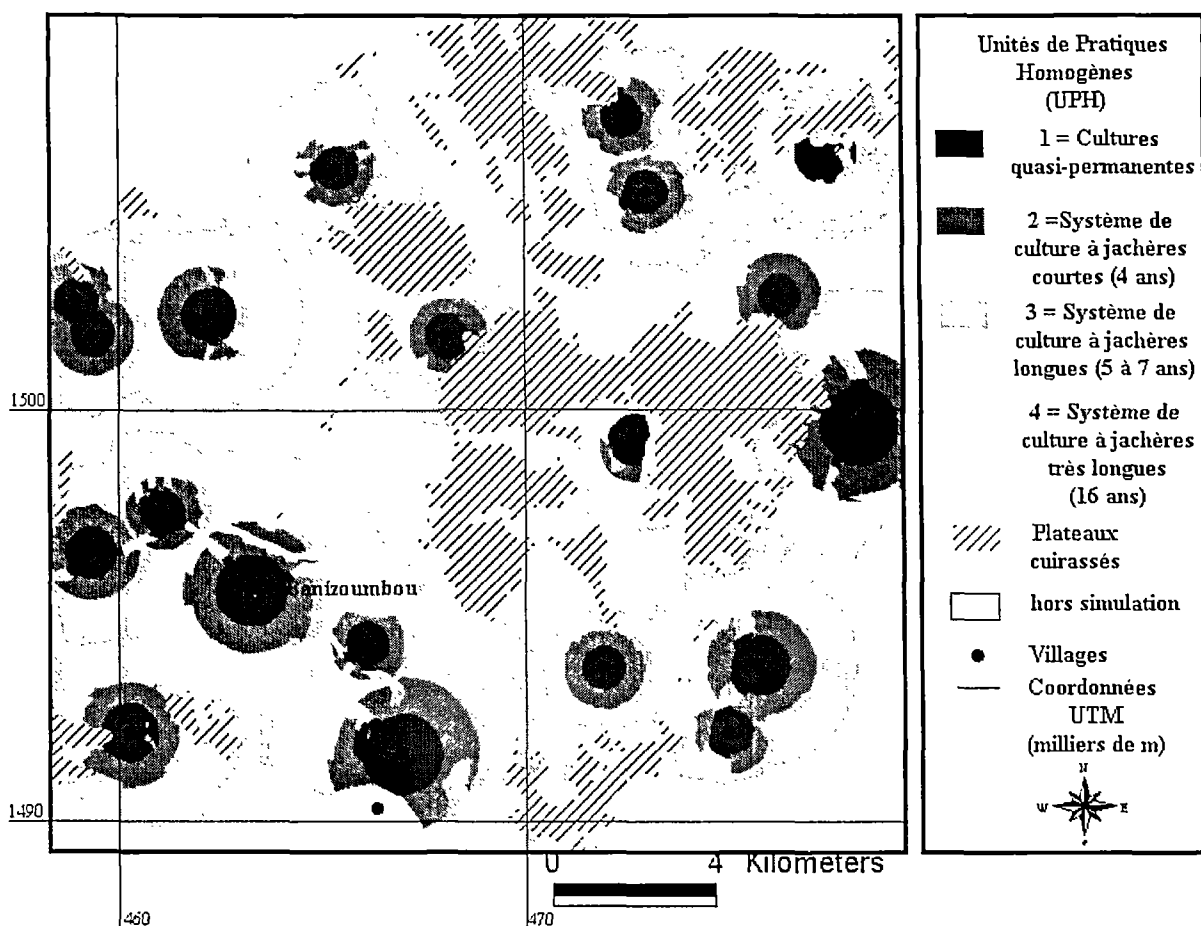


Figure 2. Carte des Unités pratiques homogènes (Uph).

Jusqu'en 1950, les Zarma, avec beaucoup d'espace cultivable disponible et une population réduite, cultivaient intensément autour du village (système à cultures permanentes dans une première auréole et système à jachères courtes dans une deuxième auréole). Les champs éloignés du village, avec une gestion à jachères longues, étaient très rares car non indispensables pour subvenir à leurs besoins en mil et posant des problèmes d'insécurité dans une période (première moitié du siècle) où les conflits ethniques étaient encore réels (Baumer, 1987). Le problème de l'insécurité une fois levé, avec la forte croissance démographique, les cultures céréalières ont progressivement dépassé les deux premières auréoles pour envahir l'espace encore disponible. La troisième auréole (système de culture extensif à jachères longues) s'est agrandie pour aboutir à un système plus ou moins en équilibre durant la deuxième phase, de 1965 à 1973. Enfin, l'espace disponible se réduisant (pression démographique croissante et sécheresses sévères dans les années 70 et 80), les jachères de plus de 10 ans ont diminué au profit des cultures et des jachères plus courtes. La durée moyenne des jachères de plus de 10 ans a elle-même diminué, indépendamment de certaines jachères devenues des *friches* sur sols dégradés, c'est à dire sorties d'un cycle cultural. Sur ces espaces dégradés, la remise en culture est « définitivement » compromise ou soumise à des durées de régénération naturelle très longue (> 25 ans ; Delabre, 1998). Ces phases d'évolution des temps de jachères peuvent être résumées de la manière suivante :

- système traditionnel stable à cultures permanentes et jachères courtes.
- conquête agricole de l'espace disponible (extensification) : apparition des jachères longues ;
- stabilisation d'un nouveau système de culture plus complexe à jachères courtes et jachères longues ;
- saturation de l'espace « facilement » cultivable et intensification : diminution de la durée des jachères.

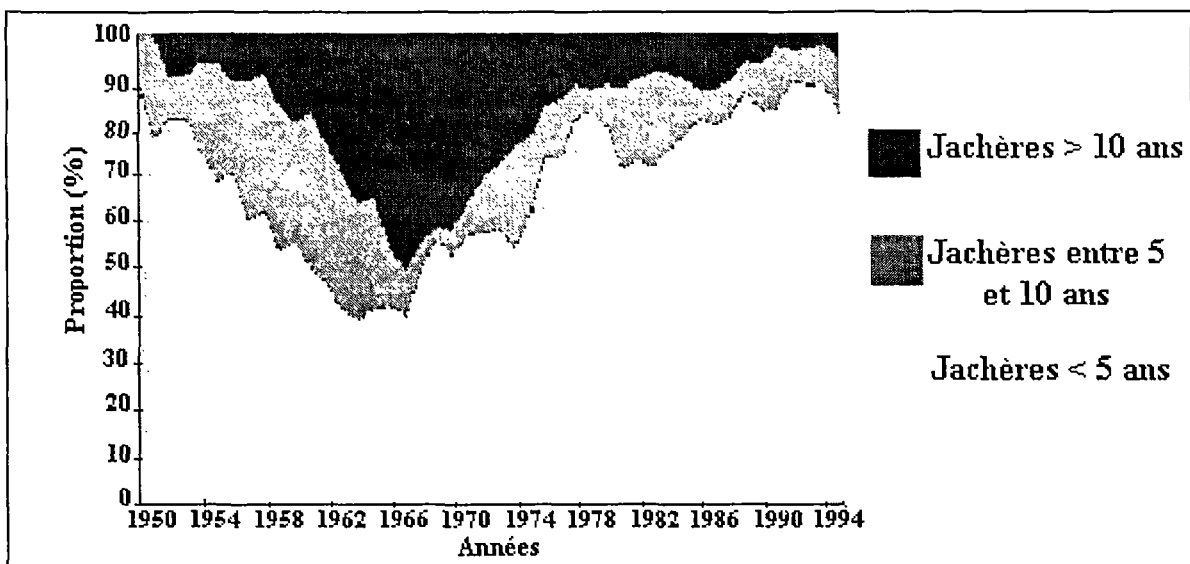


Figure 3. Evolution de la durée de la jachère.

Les Unités paysagères (Up) et leurs productions

La carte des Up (Loireau, 1998) est constituée à partir du croisement de la carte géomorphologique, d'une carte d'indices de végétation moyens, calculés à partir des indices de végétation de 6 images satellitales à haute résolution spatiale (1986-1996), et enfin de la carte de l'occupation des sols, issue d'une photo-interprétation des formes géométriques des parcelles. Le fonctionnement des Up déterminent un niveau de production des ressources : des biomasses épigées, ligneuses et herbacées y sont associées en tant qu'attributs.

Les mesures au sol ont été effectuées principalement sur les jachères par Delabre (1998 ; écologue), sur les cultures par De Row (1998, agronome, Ird), et sur les brousses sur plateaux cuirassés par Ichaou (1995, forestier en thèse à l'Ird). Dans l'objectif de caractériser les milieux post-culturels du sud-ouest nigérien et d'établir entre autres une typologie régionale des jachères, Delabre (1998) a échantillonné 72 jachères sur l'ensemble du degré carré de Niamey, selon deux variables jugées actives : l'âge de la jachère et les conditions géomorphologiques. Dans chaque station échantillonnée, deux lignes de points quadrats (10 m de longueur chacune, pas de lecture 10 cm) ont été mesurées. La phytomasse épigée du tapis herbacé a été mesurée sur des carrés de 1 m² coupés à ras au pic de production (septembre et octobre 1992). Trois répétitions ont été réalisées le long de chaque ligne points quadrats. La couverture ligneuse a été estimée à partir de l'échantillonnage d'un 1/16 hectare (cercle d'un rayon de 14,1 m) dans chaque station. A partir d'une relation allométrique, établie à partir du diamètre équivalent des tiges par Karimou (1993), reprise par Delabre (1998), la biomasse ligneuse épigée est calculée en kg/ha pour chaque station, déclinée par organe (feuilles, tiges de diamètres différents).

Ces travaux ont permis de calculer des valeurs de biomasses épigées ligneuses et arbustives pour chaque type de jachères définies en fonction de leur âge (à travers les Uph) et en fonction de leur position géomorphologique (à travers les Up). Globalement, ces résultats indiquent une augmentation de la biomasse épigée totale en fonction de l'âge de la jachère, principalement due à l'augmentation de la biomasse épigée ligneuse.

Les Unités spatiales de référence (Usr)

Le croisement des unités paysagères et des unités de pratiques homogènes déterminent les unités spatiales de référence (figure 4). Hors plateaux cuirassés et zones dégradées, les cultures quasi-permanentes se situent principalement dans les bas-fonds (4 % de l'espace), les systèmes de cultures à jachères courtes (4 ans) et à jachères longues (6 ans) sur les jupes sableuses (respectivement 6 % et 12 %), les cultures extensives à jachères très longues (> 10 ans) sur les ensablements sur plateaux (Loireau, 1998).

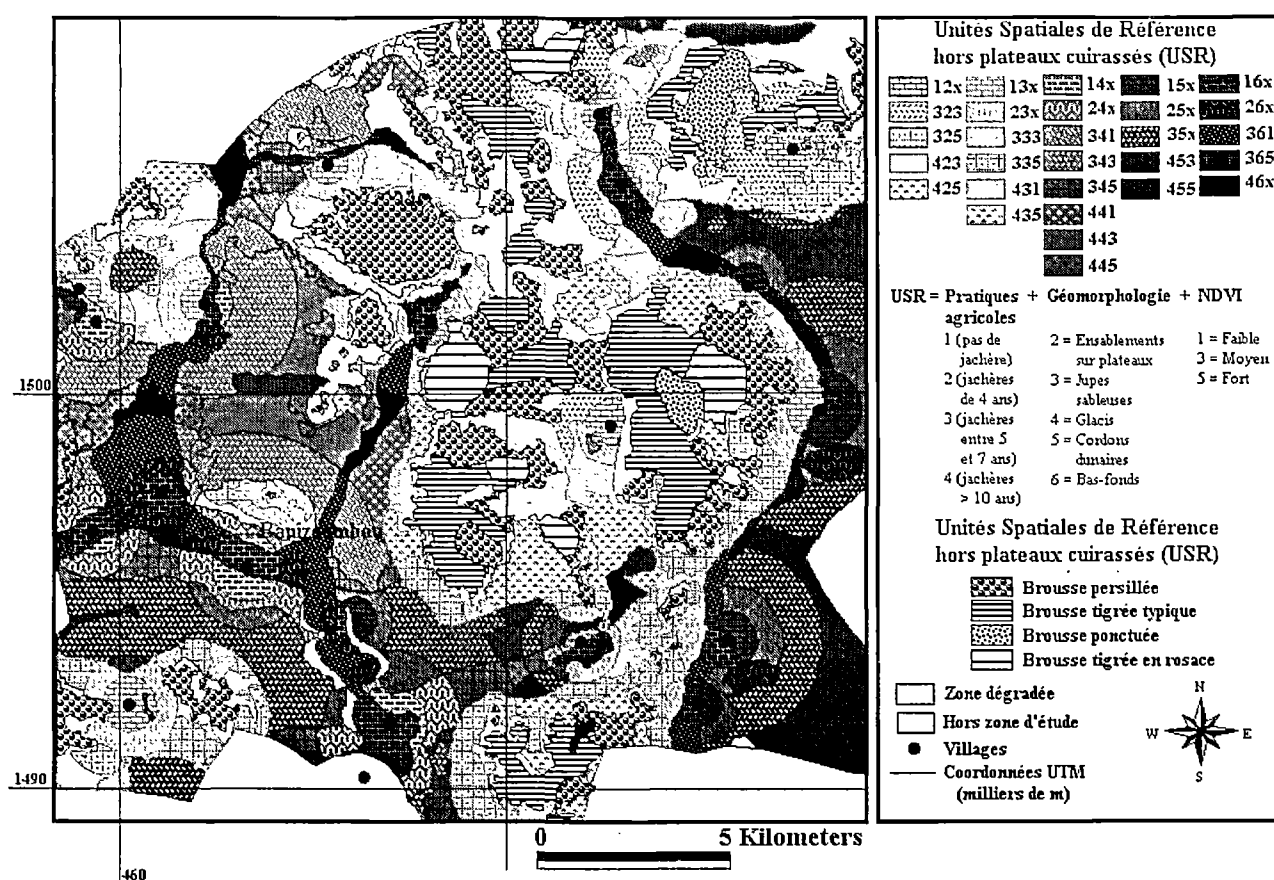


Figure 4. Carte des Unités spatiales de référence (Usr).

Les Usr les plus importantes, du point de vue de leur surface, sont celles sur cordons dunaires avec un système de culture à jachères longues (6 ans) et un indice de végétation fort (10,8 % de l'espace), et celles sur les ensablements sur plateaux avec un système de culture extensif (jachère > 10 ans) et un indice de végétation moyen (8,7 %). Les systèmes de cultures à jachères courtes (4 ans) sur les jupes sableuses avec un indice de végétation variable occupent 6,4 % de l'espace ; les systèmes de cultures à jachères longues sur jupes sableuses avec un indice de végétation moyen, 6 % et fort, 5,7 %. Les systèmes de cultures extensifs sur jupes sableuses avec un indice de végétation fort occupent 5,4 % de l'espace ; les systèmes de cultures à jachères longues sur glacis avec un indice de végétation moyen, 5 %. Toutes les autres Usr occupent moins de 4 % de l'espace, la moins importante étant constituée par les systèmes de cultures quasi-permanentes sur les ensablements sur plateaux (0,6 %). A chaque Usr est associée la surface relative des différents types d'occupation du sol (cultures, jachères, brousse) déterminés par l'activité agricole et les biomasses herbacées et ligneuses (en tant que ressources biologiques utilisables).

Les bilans spatialisés du fonctionnement interactif ressources-usages

Un premier bilan spatial de l'activité agricole à partir de la construction d'un Indice de sensibilité des sols à la dégradation (Issd) (Loireau, 1998 ; Delabre, 1998 ; Pieri, 1989) est établi en fonction de la qualité des sols et de l'intensité de l'activité agricole sur ces Usr. Cinq classes d'indices (de très faible à très fort) sont différenciées. Plus de la moitié de la zone d'étude (55 %) est ainsi caractérisée par des sols peu ou moyennement sensibles à la dégradation ; l'indice le plus fort correspond aux sols sur glacis avec des pratiques agricoles à jachères courtes (4 ans) ou longues (6 ans), sans apport de matière organique.

Les modèles spatiaux d'utilisation de l'espace et des ressources pour l'activité pastorale (Faure, 1997) et l'activité de récolte de bois-énergie (Loireau, 1998) permettent de rapporter, à chaque Usr, une disponibilité et un prélèvement des ressources correspondantes. La confrontation de ces deux variables spatialisées sur les Usr (production - prélèvements) détermine un bilan circonstancié dans l'espace et le temps pour les usages pastoral et forestier (Loireau, 1998). Ces bilans, dits « modulaires », qui permettent

de localiser les zones d'équilibre entre prélèvements et ressources, sont confrontés pour établir un bilan global multi-usage, rendu à travers la spatialisation d'un Indice de risque de désertification (Ird) qui correspond à la combinaison d'un indice de sensibilité des sols à la dégradation et d'un indice d'intensité des prélèvements relativement aux ressources disponibles (Loireau, 1998). Ce bilan global permet, non seulement, de rendre compte de l'état d'un paysage à un instant donné, mais aussi, en remontant sa chaîne de construction, d'avoir les clés de compréhension et d'interprétation de cet état, de connaître la part respective de l'influence des systèmes biophysiques et socio-économiques et d'en analyser les effets rétroactifs (*feed-back*) sur le fonctionnement des systèmes biophysiques.

Conclusion

Zonation de l'espace agropastoral sahélien à l'échelle locale et place de la jachère

La méthode de construction des Usr pour la compréhension d'un paysage, qui consiste à distinguer deux plans d'informations spatiales pour les croiser ensuite, a permis de définir trois zones (ou territoires) dans l'espace agricole (hors plateaux cuirassés). Elles correspondent à des formes d'utilisation différentes, marquées principalement par la durée des jachères, et à des paysages différents (figure 5) :

- une première zone (près des villages), quelle que soit la géomorphologie, caractérisée par la quasi-absence de jachères, le plus fort investissement en travail et en intrants et la Pmac la plus importante, qui présente la plus forte disponibilité fourragère et la plus faible disponibilité en bois-énergie, relativement aux autres zones : un territoire et deux espaces-ressources, agricole et pastoral ;
- une deuxième zone, caractérisée par des jachères entre 4 et 6 ans, un faible apport de matière organique et une Pmac faible, dans laquelle il y a une disponibilité moyenne tant fourragère que forestière : un territoire et trois espaces-ressources, agricole, pastoral et forestier ;
- une troisième zone, caractérisée par des pratiques agricoles très extensives (jachères longues et surface en jachère supérieure) et une Pmac très faible qui présente la plus forte disponibilité en bois-énergie et la plus faible disponibilité fourragère : un territoire et deux espaces-ressources, forestier et agricole.

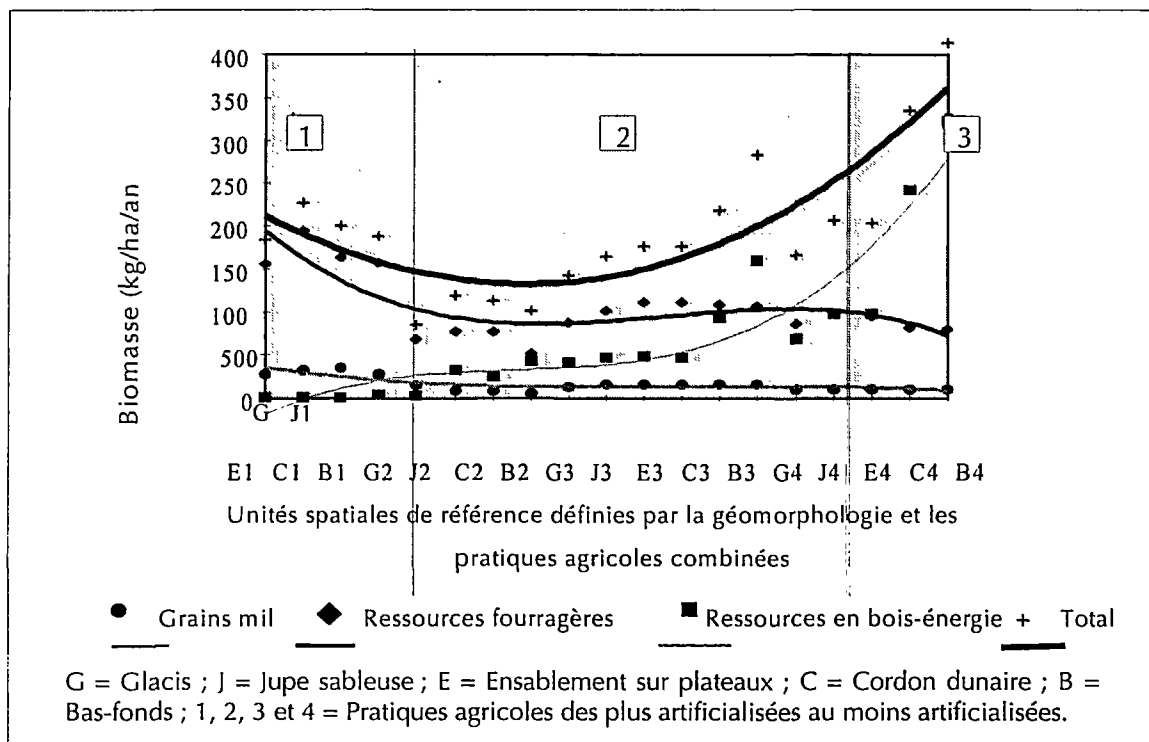


Figure 5. Biomasses disponibles, pour chaque type d'usage (agricole, pastoral et forestier), par Unité Spatiale de Référence, regroupées en zones à agriculture intensive (1), extensive (2) et très extensive (3) (Site de Banizoumbou, Niger ; d'après Loireau, 1998).

Intérêt de la démarche et perspectives

Cette zonation de l'espace est relativement classique mais, de par sa construction, elle permet de quantifier et localiser les ressources et les prélèvements de manière systématique et automatique, tout en s'affranchissant de la variabilité annuelle et interannuelle du type d'occupation des parcelles agricoles et de la pluviométrie, sur une période de l'ordre de la décennie. De plus, l'élaboration du Sie, la méthode de construction des Unités spatiales de référence (Usr) et la simplicité finale du modèle d'utilisation agricole, permettent d'une part, d'envisager les possibilités d'extrapolation du modèle à d'autres zones et d'autre part, en changeant des paramètres simples du modèle (par exemple la démographie), de proposer des scénarios d'évolution du paysage et d'étudier en dynamique la place et le rôle de la jachère.

Bibliographie

- BARRIERE O., BARRIERE C., 1997. *Le foncier-environnement. Fondements juridico-institutionnels pour une gestion des ressources naturelles renouvelables au Sahel*. Editions FAO, coll « Etudes législatives », n°60.
- BONNEFON-CRAPONNE O., 1997. Utilisation de la télédétection pour repérer des unités spatiales de gestion. Master SILAT, Maison de la Télédétection, Montpellier.
- DELABRE E., 1998. Caractérisation et évolution d'écosystèmes anthropisés sahéliens : les milieux post-culturels du sud-ouest nigérien. Thèse de doctorat en écologie. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI : 286 p.
- DE ROW A., 1998. Gestion de la fertilité du sol sur un terroir sahélien : fumure animale, matière organique et encroûtement superficiel du sol dans les systèmes de culture du mil, étude du Niger. *Agriculture et développement*, 18 : 63-70.
- FAURE J.F., 1997. Logiques de l'utilisation de l'espace pastoral dans le Sahel nigérien : modélisation et spatialisation des interactions ressources-usages dans la zone de Banizoumbou (sud-ouest du Niger). DEA Environnement (ETES). Université Paris VII-Denis Diderot, 126 p.
- FLORET C. & PONTANIER R., 1993. Recherches sur la jachère en Afrique tropicale. La jachère en Afrique tropicale, Eds Floret C., Pontanier R., Serpantié G., Dossier MAB 16, UNESCO, p. 11-54.
- GAYTE O., d'HERBES J.M., LOIREAU M., 1997. Apport de la conception par objet pour l'élaboration des Systèmes d'Information sur l'Environnement. Application au programme ROSELT. Conférence Européenne sur les Technologies de l'Information pour l'Environnement, Strasbourg, 1997 ; eds W. Geiger, A. Jaeschke, O. Rentz, E. Simon, Th. Sprengler, L. Zilliox, T. Zundel, vol 1, p. 296-305.
- HIERNAUX P., FERNANDEZ-RIVERA S., 1996. Grazing effects of goat-sheep mixes on the vegetation structure and productivity of old fallows in the Sahel. N.E.West (ed), *Rangelands in a sustainable biosphere*. Proceedings Fifth International Rangeland Congress, vol 2, Society of Rangeland Management, Denver, USA, p. 230-231.
- ICHAOU A., 1995. Etude comparée de la productivité des formations forestières de brousse tigrée et de brousse diffuse : conséquences pour la gestion et pour la régénération de ces formations. Mémoire de fin de cycle, IPR, Katibougou, Mali/ORSTOM, Niamey, Niger.
- JOUBE P., DAVID D., 1985. Diversité spatiale et évolution des modes d'association de l'agriculture et de l'élevage dans la région de Maradi au Niger. *Cahiers de la Recherche développement*, 7 : 54-64.
- KARIMOU B.H., 1993. Dynamique de la strate ligneuse le long d'un gradient successional dans les jachères du Sahel nigérien (leur importance relative dans l'espace agro-sylvo-pastoral). Mémoire d'Ingénieur des Techniques d'Elevage. Université Abdou Moumouni, Niamey, ORSTOM, 35 p.
- LEDUC C., LOIREAU M., 1997. Fluctuations piézométriques et évolution du couvert végétal en zone sahélienne (sud-ouest du Niger). Sustainability of water, Resources under Increasing Uncertainty, IAHS Publication n°240.
- LOIREAU M., d'HERBES J.M., 1997. Des unités spatiales de référence pour l'étude de la dynamique des relations ressources-usages dans la zone agro-pastorale du Sahel nigérien. Régulations démographiques

et Environnement, eds L. Auclair, P. Gubry, M. Picouët, F. Sandron. VI^e Journées démographiques de l'ORSTOM. Paris, ORSTOM, CEPED, LPE, p. 45-51.

LOIREAU M., d'HERBES J.M, GAYTE O., 1997. Modèle de simulation de l'extension spatiale de l'emprise des cultures au Sahel. Journées du programme Environnement, Toulouse, 5-7 novembre 1997. Vie et Sociétés du CNRS : Les temps de l'Environnement, p. 159-166.

LOIREAU M., 1998. Espaces-ressources-usages : spatialisation des interactions dynamiques entre les systèmes sociaux et les systèmes écologiques au Sahel nigérien. Thèse de doctorat en Géographie, Université Montpellier III, Paul Valéry, 411 p.

NAGUMO F., 1992. Pedological Environment and Agro-ecological system of Sudano-Sahelian zone, in Niger, West Africa. Thesis for Master Course, Hokkaido University, ORSTOM, JICA, 86 p.

PIERI C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la Coopération, CIRAD-IRAT, Paris, 428 p.

RUTHENBERG H., 1983. Farming systems in the tropics. 3rd Edition, Oxford Univ. Press, N.Y, p. 31-69.

SEBILLOTTE M., 1985.. La jachère, éléments pour une théorie. A travers champs, agronomes et géographes. Collec Colloques et Séminaires. ORSTOM, Paris, p. 175-229.

SERPANTIE G., 1993. Rôles et significations de la jachère dans les systèmes de production agricole en Afrique de l'ouest. Problématique de son remplacement. La jachère en Afrique tropicale, Eds Floret C., Pontanier R., Serpantié G., Dossier MAB 16, UNESCO décembre 1993, p. 55-84.

Etude de la valorisation des ressources fourragères par les éleveurs sur des terroirs agro-sylvo-pastoraux soudaniens Pratiques d'élevage et utilisation de l'espace

A. ICKOWICZ*, D. RICHARD*, R. MANLAY**

*Cirad-Emvt, av. Agropolis, 34398 Montpellier cedex 5, France

**Ird, 911 av. Agropolis, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France

Résumé. Etude de la valorisation des ressources fourragères par les éleveurs sur des terroirs agro-sylvo-pastoraux soudaniens. Pratiques d'élevage et utilisation de l'espace. Le programme conjoint franco-sénégalais Cirad-Emvt/Isra « Alimentation du bétail tropical » a réalisé une étude sur l'utilisation de l'espace et des ressources par les ruminants en Haute Casamance (Sénégal). Cette communication a pour objectif de présenter les méthodes utilisées pour étudier d'une part, les relations entre pratiques d'élevage et utilisation de l'espace et d'autre part, les flux de biomasse au sein des terroirs (ressources fourragères, déjections animales). Les relations entre pratiques d'élevage et utilisation de l'espace ont été étudiées à partir de la réalisation d'un système d'information géographique et à l'aide du logiciel de l'Inra-Sad, Carpat. Il s'agissait de faire correspondre les déplacements des troupeaux et donc la localisation des ressources fourragères avec les règles sociales d'attribution des ressources au niveau du terroir. Les méthodes de quantification de l'excrétion animale sont présentées. Ces travaux mettent en évidence la forte variabilité selon les saisons et la qualité des ressources fourragères, des quantités et de la qualité des excréments. L'ensemble de ces méthodes s'inscrit dans le cadre plus global des recherches sur le rôle des ruminants dans la gestion de la fertilité du sol qui associent entre autres des disciplines comme la pédologie, la géographie, l'agronomie et la sociologie.

Introduction

Les éléments présentés ci-dessous font partie d'une recherche sur les systèmes d'alimentation des ruminants au Sénégal dans le cadre d'un programme conjoint franco-sénégalais Cirad-Emvt/Isra « Alimentation du bétail tropical ». Les objectifs initiaux des travaux étaient l'étude de la valeur alimentaire des aliments disponibles (fourrages des formations naturelles, fourrages cultivés, résidus et sous-produits agricoles et agro-industriels), l'étude des besoins nutritionnels des races locales de ruminants et l'amélioration des systèmes d'alimentation des ruminants. Ce dernier objectif concernait pour une bonne part les systèmes extensifs de conduite sur parcours pour lesquels des méthodes spécifiques ont été développées ou adaptées (Guerin, 1987). Après avoir étudié les systèmes d'alimentation de la zone pastorale du Ferlo (400 mm de pluviosité) (figure 1) et des systèmes agropastoraux du bassin arachidier (600 mm), les systèmes de production agro-sylvo-pastoraux de moyenne Casamance ont été étudiés dans la région de Kolda (1 000 mm).

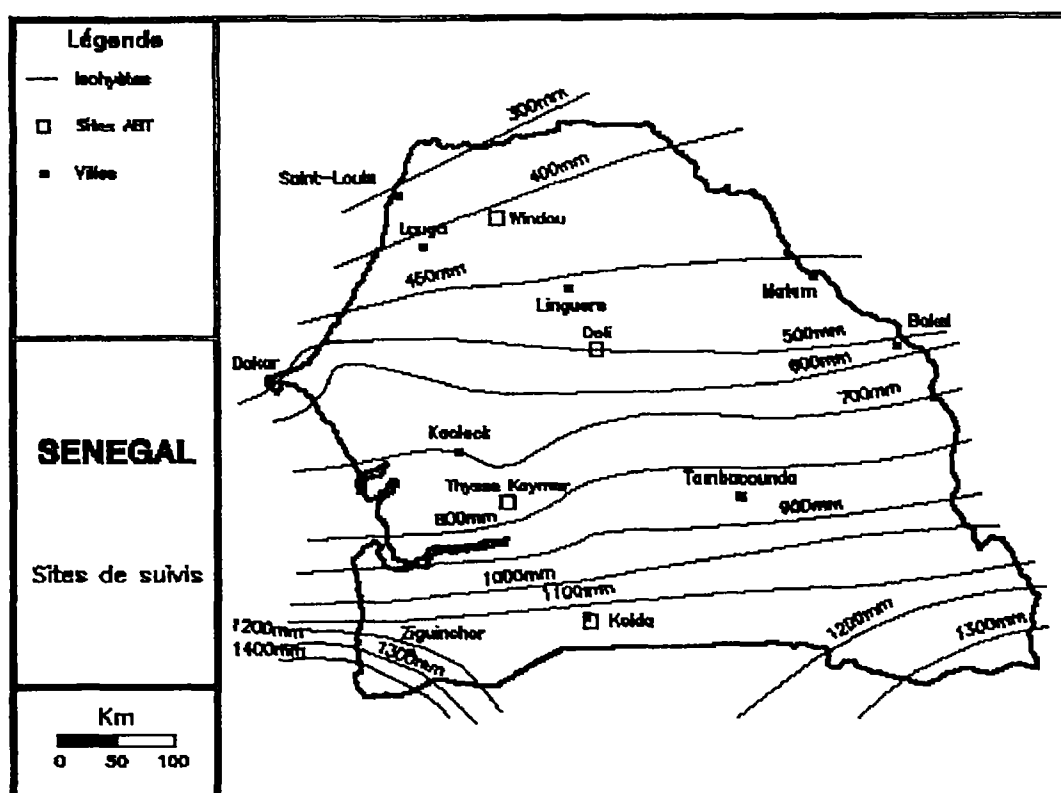


Figure 1. Carte du Sénégal et localisation des sites d'étude.

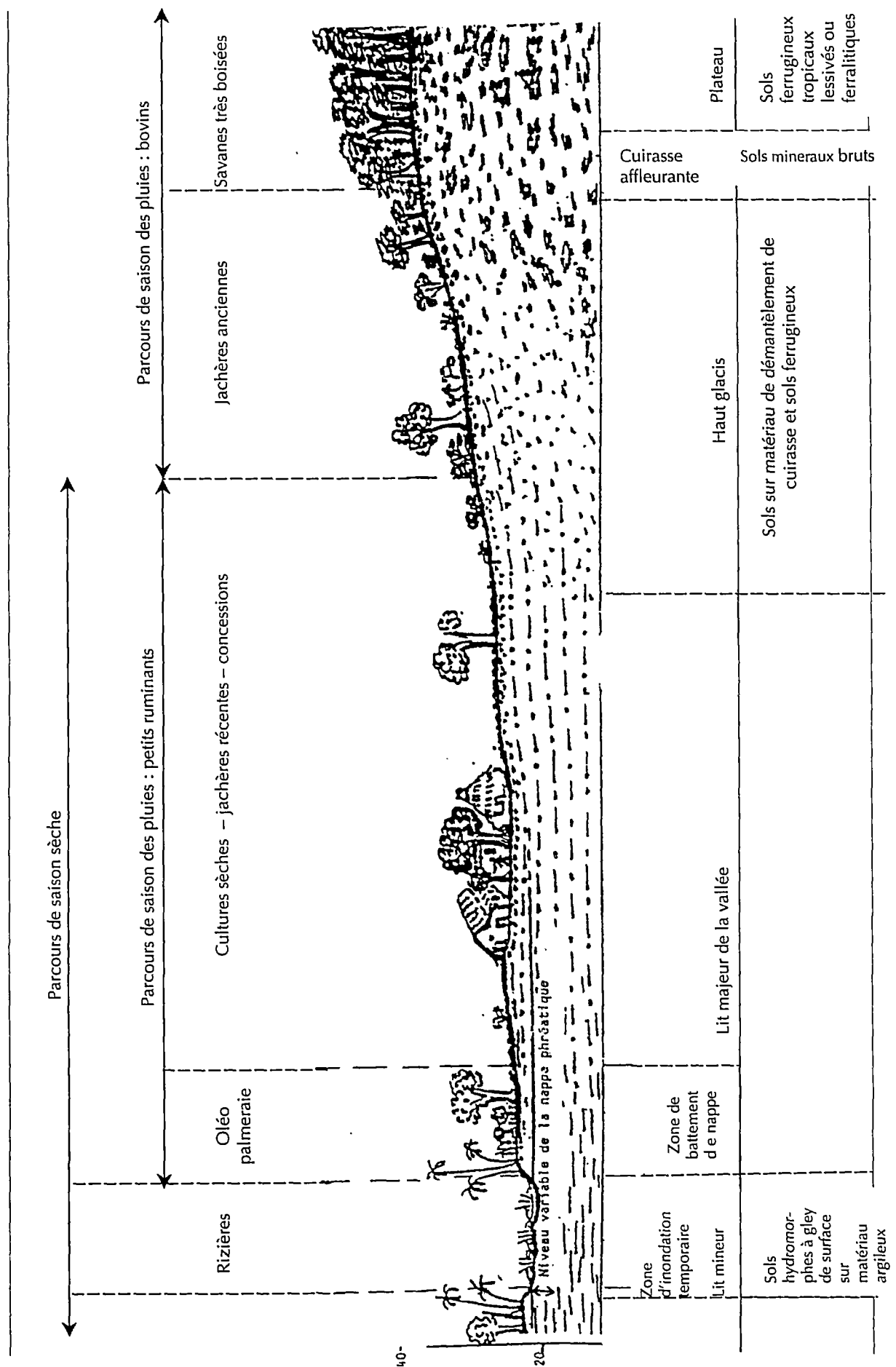
A Kolda, comme auparavant sur les autres sites, l'implantation simultanée de plusieurs programmes de recherche de diverses institutions (Isra, Cirad, Ird (ex. Orstom...) collaborant entre elles a permis d'avoir une approche large et pluridisciplinaire de ces systèmes de production. L'étude des systèmes d'alimentation des ruminants sur ces terroirs permet, par une approche concertée et synergique avec des chercheurs en agro-écologie de l'Ird travaillant dans le cadre du programme « Jachère », d'abord de façon assez détaillée le rôle joué par l'élevage des ruminants dans la problématique de maintien de la fertilité des terres. Les ruminants sont présents en nombre important sur ces terroirs de Peuls sédentarisés avec des charges saisonnières variant de 1,4 à 3,2 ha/Ubt (Richard et al., 1992) et jouent un rôle important dans les flux de biomasse. Cette étude, en cours d'achèvement, a tenté d'aborder, parallèlement aux systèmes d'alimentation, les questions méthodologiques et de quantification que pose l'évaluation des flux de biomasse sur des terroirs agro-sylvo-pastoraux.

Dans un premier temps nous présenterons et commenterons les méthodes et quelques résultats de notre étude des systèmes d'alimentation des ruminants concernant l'utilisation spatiale des terroirs par les ruminants. Ensuite nous présenterons les méthodes complémentaires développées et utilisées pour quantifier la part des ruminants dans les flux de biomasse sur ces terroirs.

Utilisation de l'espace

Dans la région de Kolda, les terroirs sont occupés en grande majorité par des Peuls sédentarisés qui pratiquent l'agriculture et l'élevage (Fall, 1987). Le terroir agricole des cultures pluviales est ramassé, situé sur le glacis entre le plateau latéritique, où l'on trouve les savanes arbustives, boisées et de forêts claires, et les rizières qui occupent les vallées inondées temporairement en saison des pluies (figure 2) (Blanfort, 1991). Sur ces terroirs, les bovins représentent 90 % de la charge animale. En saison de culture (juillet à novembre), les animaux sont conduits par des bergers, depuis des parcs de nuit où chaque animal est au piquet, vers les parcours de savanes et de forêt claire environnants. Puis, dès les premières récoltes, les parcs sont installés sur les champs afin que les animaux les fument et exploitent les résidus de récolte en complément des autres ressources fourragères du terroir (décembre à juin).

Figure 2. Schéma de la toposéquence du terroir (Blanfort, 1991).



Les parcours de ces troupeaux ont fait l'objet d'études sur l'utilisation de l'espace par les bergers, les conséquences alimentaires, zootechniques et la durabilité de ce système d'alimentation des ruminants. Tous les 15 jours, pendant trois ans, 3 troupeaux représentatifs par leur taille, leur mode de conduite et leurs performances, sur les 10 troupeaux d'un village, soit 40 % du cheptel, ont été suivis durant leurs parcours journaliers. Les techniques utilisées (topofil/boussole et Gps) ont permis, à partir de relevés de la position du troupeau toutes les 5 mn, de saisir ces informations sur un Sig (Atlas-Gis) où une carte des différents facies de végétation — définis sur photos aériennes et relevés de terrain à partir de critères structuraux et cultureaux — avait été saisie (figure 3).

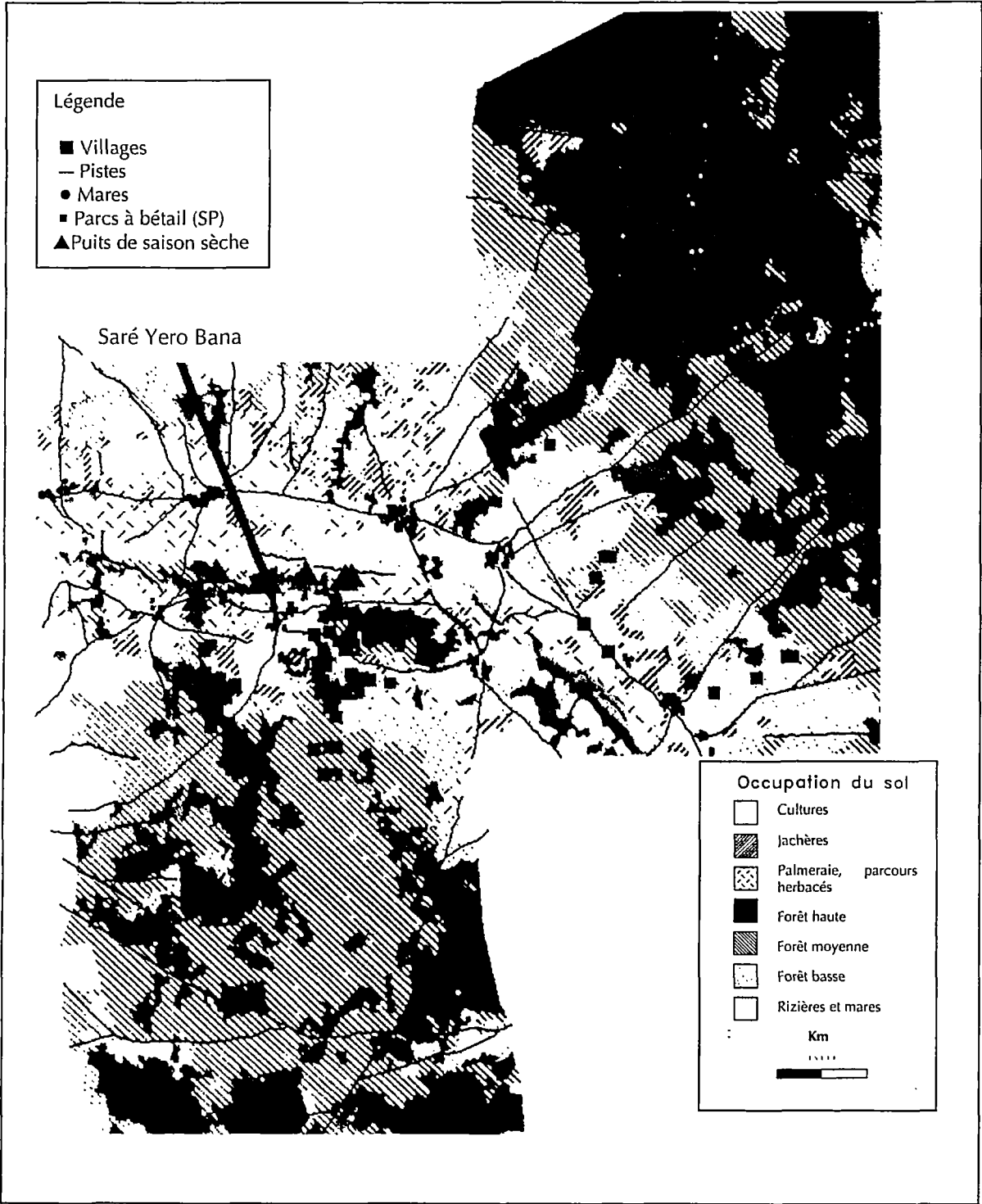


Figure 3. Saré Yéro Bana : carte d'occupation du sol.

Au cours de ces suivis de parcours, des relevés de composition botanique de régime et de comportement alimentaire ont également été effectués toutes les 5 mn. Une simple observation de ces parcours permet de distinguer les parcours de saison de culture en forêt et de saison post-récolte au voisinage du village. Les techniques utilisées permettent aussi d'appréhender l'étendue du terroir pastoral, les différences de conduite selon les troupeaux, liées en partie à leur taille (capacité des mares temporaires, facilité de gardiennage, ressources fourragères disponibles...) et la répartition saisonnière des parcs de nuit. En saison sèche, on note, malgré la divagation des animaux et bien qu'encore conduits par un berger durant le premier mois de saison post-récolte, qu'un troupeau n'exploite pas la totalité du terroir agricole de façon homogène, ce qui bien sûr a une importance en termes de flux de biomasse. La carte détaillée du parcellaire agricole dressée par les agro-écologues et intégrée au Sig permet d'aborder cette question.

Une première analyse de l'utilisation saisonnière de l'espace par les troupeaux (figures 4 et 5) a été réalisée sur la base du temps passé par les troupeaux dans les différentes composantes du terroir à partir du relevé effectué toutes les 5 mn. Elle montre qu'en saison post-récolte, les flux de biomasse intéressent l'ensemble des composantes du terroir (champs, rizière mais aussi forêt et palmeraie). La fréquentation de ces composantes varie d'un troupeau à l'autre et ce malgré la divagation. En particulier, les petits troupeaux (type Diao) exploitent plus précocement les premiers champs récoltés pour des raisons de facilité de gardiennage. L'utilisation de la forêt en saison sèche est également variable et parfois non négligeable (Mama) en fonction de la proximité des champs et des sites d'abreuvement. Les implications quantitatives en termes de flux de biomasse ne sont pas encore disponibles.

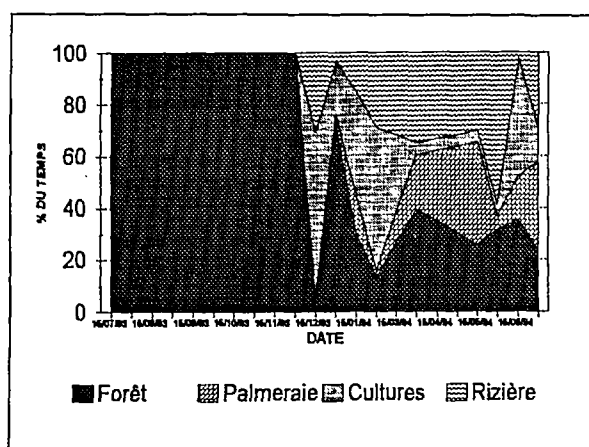


Figure 4. Fréquentation des composantes du terroir par le troupeau Diao.

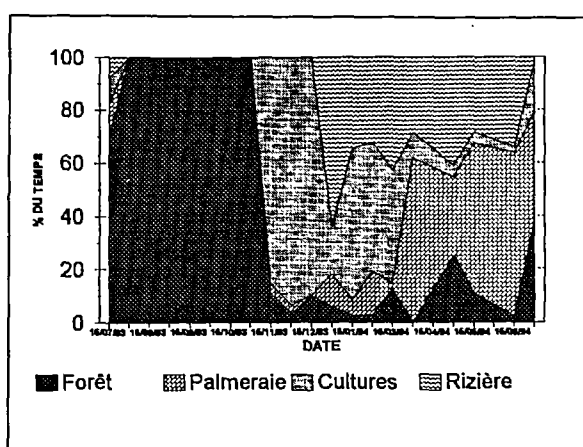


Figure 5. Fréquentation des composantes du terroir par le troupeau ama.

Une analyse plus fine de l'utilisation de l'espace est actuellement en cours grâce à un logiciel mis au point par l'Inra-Sad, Carpat (Balent, 1993) avec lequel nous avons collaboré pour l'adapter aux situations tropicales. Ce logiciel permet d'estimer de façon continue par interpolation d'observations ponctuelles la charge animale le long des parcours mais aussi de tenir compte de l'activité des animaux (repos, pâturage, déplacement...). Les résultats des calculs des charges en animaux-heure ou animaux actifs-heure par unité de surface sont fournis sous forme de grille numérique par le logiciel et peuvent être superposés dans le cadre d'un Sig à une carte de terroir ou de ressources pour analyse. D'autres activités (excrétion par exemple) peuvent être définies et pondérées par l'opérateur. Une première observation des résultats montre des différences selon la méthode d'estimation retenue (« charge instantanée » ou « indice d'activité »). La comparaison de ces différentes méthodes d'estimation (topofil/boussole, Gps, distances parcourues, temps passé, indice d'activité) de la pression sur le milieu est en cours pour évaluer les rapports coût/mise en oeuvre/précision de chacune d'elles.

A partir de ces outils, on peut estimer des indices de fréquentation (fréquentation en pourcentage des parcours - surface disponible) des différentes composantes du terroir (figure 6). Elles mettent en évidence que certains éléments du terroir sont délaissés par les animaux (ex : facies à végétation ligneuse basse et dense B2, B3, B4, certaines jachères récentes de moins de cinq ans) alors que d'autres sont fréquentés avec assiduité (ex : rizière, parcours à végétation ligneuse moyenne M2, M3, M4). Ces résultats peuvent être utilisés pour modéliser les productions animales en fonction de l'utilisation de l'espace par la mise en relation des paramètres nutritionnels, zootechniques et spatiaux pour aboutir à des recommandations en

termes de conduite, d'aménagement ou d'amélioration des parcours. Ils peuvent également être utilisés pour préciser les flux de biomasse (fourrages utilisés, fèces déposés). En particulier, sur le parcellaire agricole où l'on observe pour un troupeau donné, que la fréquentation des parcelles durant les parcours des troupeaux n'est pas aléatoire selon le propriétaire de la parcelle, malgré la « divagation » des animaux. Le troupeau de Samba Diao, gestionnaire et principal propriétaire du troupeau, utilise de façon préférentielle ses parcelles et celles de quelques autres propriétaires. Certaines parcelles appartenant à d'autres familles semblent exclues, en raison, en partie, de l'éloignement (portion éloignée du parcellaire) mais plus probablement en raison de considérations sociales (étude sociologique en cours).

Flux de biomasse

L'ensemble de ces données sur l'utilisation de l'espace est en cours de traitement. Pour permettre d'évaluer plus précisément le rôle des ruminants dans les flux de biomasse, les données ont été complétées par des mesures d'excrétion fécale, utilisées également à des fins zootechniques pour certaines estimations des quantités ingérées et des valeurs énergétique et azotée des régimes.

Dans un premier temps, on a évalué les quantités de fèces excrétées par les troupeaux sur un cycle annuel. Ces quantités sont liées à l'ingestion qui est fonction des ressources disponibles et du mode de conduite. Elles sont également liées à la qualité des fourrages (digestibilité) elle-même fonction du type de ressources (fourrages naturels, stade végétatif, résidus).

La courbe d'évolution de ces paramètres (figure 7) montre l'intérêt de prendre en compte ces variations saisonnières pour l'évaluation des flux de biomasse, l'excrétion variant du simple au double selon la saison. Elle est minimale en fin de saison sèche et en saison des pluies (déficit de fourrages, puis bonne digestibilité des fourrages) alors qu'elle est maximale pendant une courte période lorsque les animaux disposent d'un fort disponible en résidus de récolte (début décembre). On note également une baisse sensible de l'ingestion et de l'excrétion en fin de saison des pluies lorsque les fourrages deviennent moins appétés (fin septembre : adaptation à des aliments plus riches en parois et chaleur ?) puis rares en forêt (fin octobre). On note que pour ces systèmes de conduite, il semble y avoir une relation étroite entre quantités excrétées et Modi. Les performances animales (production laitière par exemple), si elles sont disponibles, peuvent être un indicateur de l'excrétion fécale à condition de tenir compte des courbes de production.

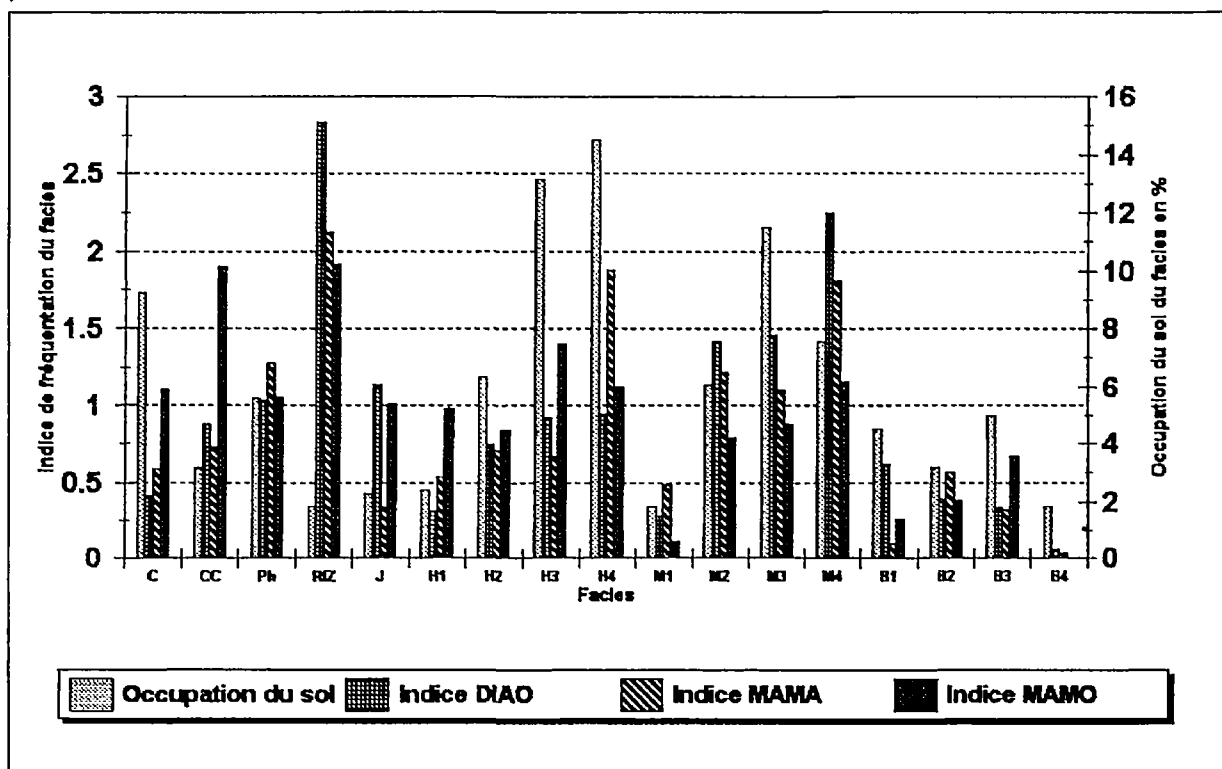


Figure 6. Occupation du sol des facies et indice moyen annuel de fréquentation par troupeau.

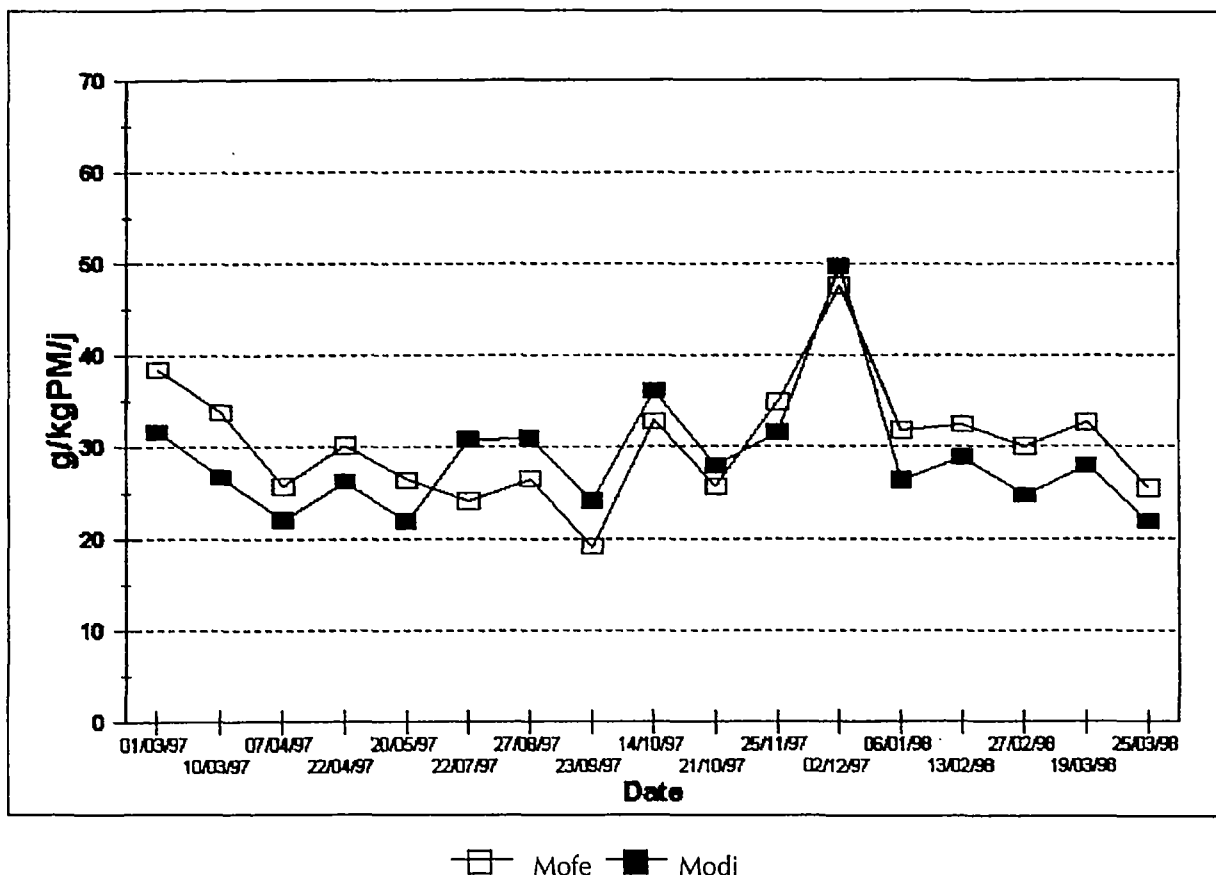


Figure 7. Evolution saisonnière de la Mo ingérée et excrétée par les bovins à Kolda.

A côté de ces aspects quantitatifs, les aspects qualitatifs de la composition des fèces sont intéressants à connaître. Mesurés pour estimer les variations de qualité de régime, les évolutions de la composition chimique des fèces montrent des variations également importantes, variant du simple au double selon la saison pour les matières azotées et la cellulose brute par exemple. Ces variations sont essentiellement liées à l'alternance saison des pluies-saison sèche sans lien direct avec les quantités excrétées. La prise en compte de ces paramètres dépend des objectifs et de la précision recherchés.

Cependant, ce type de résultats n'est pas transposable sans risque à d'autre systèmes de production, même dans des conditions agro-écologiques comparables, tant les facteurs comme la structure du terroir, la conduite du troupeau, les ressources disponibles, le calendrier fourrager...sont importants. La recherche d'une précision raisonnable peut amener à devoir effectuer un minimum de mesures d'excrétion fécale sur le système étudié.

Les méthodes habituelles comprennent :

- les mesures sur animaux portant des sacs à fèces ;
- l'utilisation de marqueurs chimiques indigestible (chrome...) ou de marqueurs synthétiques (particules Pvc...) et d'abaques d'excrétions.

Ces méthodes sont lourdes et coûteuses pour les marqueurs. Dans le système étudié ci-dessus, on a cherché à savoir si l'excrétion nocturne sur les parcs à bétail lorsque les animaux sont attachés individuellement à un piquet était un estimateur pertinent de l'excrétion. Tous les mois pendant un cycle annuel, des bâches ont été étendues sous les animaux pendant la nuit, et 12 animaux ont été harnachés avec des sacs à fèces le jour pendant les parcours. Cependant, les sacs n'ont pas été utilisés en saison de culture, lorsque les animaux sont en forêt, car les risques de déchirement et de gêne des animaux étaient trop importants.

Les résultats de cette étude (figure 8) montrent que la répartition entre excrétion nocturne et diurne est relativement stable et équitable avec un léger avantage à l'excrétion nocturne. Le paramètre fréquentation des types de parcours prend donc toute son importance en termes de flux de biomasse

puisque'il représente près de la moitié des dépôts de fèces. La moyenne des rapports quantité totale excrétée/quantité nocturne sur l'ensemble des mesures individuelles pendant la saison sèche (n = 268) donne un rapport de 1,92 avec un écart-type de la moyenne de 0,03 et un écart-type de l'échantillon de 0,57. On peut dès lors envisager des mesures nocturnes, simples et peu coûteuses, lorsque cela est possible, pour évaluer les quantités moyennes totales excrétées au cours de la journée, à condition de tenir compte des variations saisonnières des quantités excrétées qui, nous l'avons déjà vu, sont importantes.

Quelques contrôles au cours de ces mesures ont permis de vérifier que les sacs ne perturbaient pas de façon significative l'excrétion diurne et que l'effet sexe de l'animal n'était pas significatif si l'on prenait soin d'utiliser des femelles non gravides. Les variations du rapport quantités totales/quantités nocturnes semblent pouvoir en partie être expliquées par le rapport durée de parage/durée de parcours mais la corrélation est faible. Des mesures des horaires d'excrétion pendant la saison sèche ont corroboré les observations de terrain montrant une excrétion plus ou moins précoce dues au lâchage des animaux le matin qui en les stimulant perturbait le rapport total/nuit selon que les fèces tombaient sur la bache ou non. Par ailleurs, ces mesures ont confirmé la régularité de l'excrétion au cours de la journée ce qui permet d'accepter l'hypothèse que le dépôt est proportionnel au temps passé sur un type de parcours.

Perspectives

Les premiers résultats méthodologiques de cette étude sont en cours de finalisation. Ces données sur la conduite des troupeaux, l'utilisation du terroir par le bétail et les excréments fécaux vont être associées avec des données agro-écologiques recueillies dans le cadre du programme « Jachère » par l'Ird (pédologie, évaluation des récoltes, modélisation des flux à l'échelle terroir et parcelle...) afin d'obtenir un bilan global de la gestion de la fertilité sur ces terroirs. Parmi les résultats, une estimation assez précise du rôle des ruminants dans le processus de maintien de la fertilité doit permettre d'avancer vers les réponses aux questions suivantes :

- le rôle du bétail est-il déterminant dans le transfert et les processus de fertilité ;
- faut-il stabiliser ou accroître le cheptel ;
- faut-il de grand ou de petit troupeaux ;
- faut-il modifier les pratiques et le calendrier fourrager ;
- quels pratiques et systèmes d'alimentation permettent d'assurer une bonne productivité animale et un apport optimal pour la fertilité des sols ?

Autant de réponses attendues, mais le rôle du bétail apparaît déjà comme primordial et l'estimation de sa contribution peut aujourd'hui être estimée de façon précise.

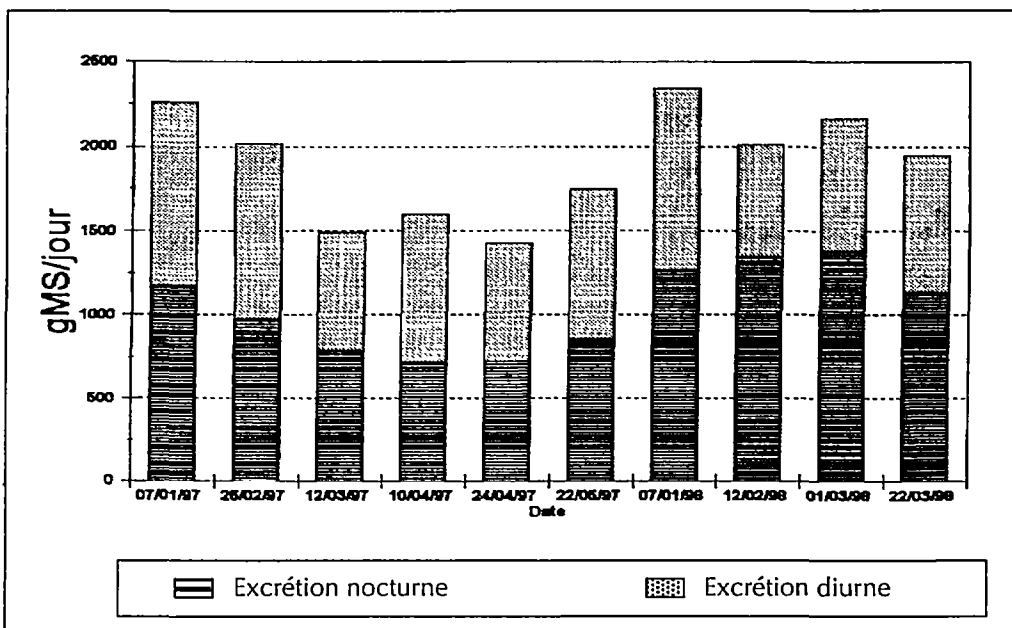


Figure 8. Evolution de la quantité de fèces moyenne excrétée par bovins en Ss.

Bibliographie

- BALENT G., 1993, Cartographier des activités de pâturage sur un territoire hétérogène avec le logiciel CARPAT. *In* Landais E. (éd.). Pratiques d'élevage extensif. Identifier, modéliser, évaluer. INRA, Versailles, Etudes et recherches sur les systèmes agraires et le développement, 265-282.
- BLANFORT V., 1991. Phytosociologie et production de la végétation des parcours d'une petite région agropastorale de Moyenne Casamance (Sénégal). Mémoire DEA, Paris XI, INAPG, 137 p.
- FALL A., 1987. Les systèmes d'élevage en Haute Casamance : caractérisation, performances et contraintes. Mémoire ISRA - DRSPA, Kolda, Sénégal, 109 p.
- GUERIN H., 1987, Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et sahélo-soudaniens : étude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal. Thèse Doctorat Ingénieur, ENSA Montpellier, 213 p.
- ICKOWICZ A., USENGUMUREMYI J., COLLEYE F., RICHARD D., DUPRESSOIR D., 1998. Interactions entre jachères et systèmes d'alimentation des bovins. Choix techniques et dynamique de développement (zone soudanienne, Sénégal). *In* Floret C. et Pontanier R. (éds.), Jachère et systèmes agraires, 29/09 au 03/10/98, Niamey, Niger, CORAF-UE, IRD-Université de Niamey, p. 223-138.
- ICKOWICZ A., DEWISPELAERE G., FORGIARINI G., TOURE I., 1999. Conséquences pour l'élevage de l'évolution de l'emprise de jachère depuis 1970 sur 5 terroirs de Haute Casamance au Sénégal. Séminaire international sur la jachère en Afrique tropicale. CORAF-UE, IRD-CIRAD-ISRA, Dakar, 13-16 Avril 1999, (à paraître).
- ICKOWICZ A., RICHARD D., USENGUMUREMYI J., 1999. Computation of grazing pressure to estimate organic matter flows from cattle on senegalese villages. VI International Rangeland Congress, Townsville, Australia, 17-23 juillet 1999, (à paraître).
- MANLAY R., ICKOWICZ A., 1999. Rôle de l'élevage dans la dynamique de la matière organique à l'échelle d'un terroir agro-pastoral de haute Casamance, Sénégal. Séminaire international sur la jachère en Afrique tropicale, CORAF-UE, IRD-CIRAD-ISRA, Dakar, 13-16 Avril, (à paraître).
- MANLAY R., CAMBIER Ch., ICKOWICZ A., 1999. Modélisation de la dynamique du statut organique d'un terroir ouest-africain par un système multi-agents. Séminaire international sur la jachère en Afrique tropicale, CORAF-UE, IRD-CIRAD-ISRA, Dakar, 13-16 Avril, (à paraître).
- RICHARD D., POUYE B., BLANFORT V., AHOKPE B., 1992. Estimation des surfaces utilisées au pâturage par les ruminants dans une zone agropastorale soudanienne (Moyenne Casamance, Sénégal). *In* GIBON A., MATHERON G. (éds.), Approche globale des systèmes d'élevage et étude de leurs niveaux d'organisation : concepts, méthodes et résultats. CECA-CEE-CEEA, Bruxelles, Luxembourg, p. 333-339.

L'interdisciplinarité pour la modélisation dans la recherche-développement

Une application aux relations élevage agriculture en zone soudano-sahélienne au Cameroun

J. ROUCHIER, M. REQUIER-DESJARDINS

Cirad-Tera, TA 60/15, 73 av. Jean-François Breton, 34398 Montpellier cedex 5, France

Résumé. L'interdisciplinarité pour la modélisation dans la recherche-développement une application aux relations élevage agriculture en zone soudano-sahélienne au Cameroun. Cette communication présente un projet de recherche en cours sur les relations entre types d'acteurs (éleveurs transhumants et sédentaires, agro-éleveurs) pour l'accès aux ressources (eau, fourrage). Ces travaux s'appuient sur une revue bibliographique et des observations de terrain dans la Province de l'Extrême-Nord au Cameroun. Les méthodes de recherche utilisées relèvent d'une part des sciences économiques et d'autre part des systèmes multi-agents et de la modélisation. Les premières observations de terrain réalisées par l'économiste ont permis d'élaborer une ébauche de modèle basée sur les rapports entre les agro-éleveurs sédentaires et les éleveurs transhumants. Deux types de relations sont envisagés : des relations marchandes du type offre-demande et des relations « sociales » basées sur des affinités culturelles et des liens de parentés. En dernier lieu sont développées les complémentarités entre les deux disciplines - économie et modélisation - intervenant dans cette recherche.

Introduction

Cette communication décrit la formation d'un projet interdisciplinaire au Cirad dans le cadre de deux thèses conduites autour d'un thème commun : l'élevage itinérant à l'extrême nord du Cameroun. La première recherche entamée est celle d'économie, qui a été suivie, un an plus tard, par celle de modélisation. L'entrée choisie pour analyser la pratique pastorale a été définie par le travail préalable d'économie, et qui est celle de l'accès à la ressource commune (eau et fourrage). L'hypothèse de départ est que les rapports sociaux qui s'expriment au travers de cet accès sont déterminants lorsqu'on analyse les évolutions de la ressource naturelle¹.

Les deux recherches s'appuient sur des données bibliographiques et de terrain concernant les rapports entre les éleveurs itinérants et les populations sédentaires. Elles s'articulent autour de la réalisation d'un modèle, qui est développé en un système multi-agents et sera utilisé pour effectuer des simulations. Plus que la simple élaboration de ce modèle, c'est une méthodologie de travail interdisciplinaire la

1. Cette hypothèse repose sur le point de vue de Maurice Godelier, concernant le rapport des hommes à leur environnement : « le rapport des hommes au milieu naturel est d'abord l'expression des rapports qu'entretiennent les hommes entre eux », (Godelier, 1974).

« modélisation d'accompagnement » (Bousquet, 1994) qui est au centre de la recherche. Dans cette perspective, le pont entre les deux disciplines prend la forme d'un aller-retour entre la réalité perçue et le monde virtuel construit. Observation et formalisation se remettent ainsi en cause respectivement pour atteindre une meilleure compréhension du système réel. Cette collaboration vise donc deux objectifs. Au plan de la recherche et du développement, il s'agit de comprendre comment s'organise la mobilité des troupeaux et de voir sous quelles conditions elle peut être appelée à perdurer. D'un point de vue méthodologique, c'est l'utilisation d'un système multi-agents (Ferber, 1995) comme aide à la construction collective d'un objet de recherche, qui est étudiée.

Après avoir expliqué le choix du système multi-agents pour la description de systèmes sociaux et l'enjeu de la collaboration pour la recherche économique, on présentera le premier modèle réalisé. C'est dans le déroulement chronologique de l'expérience d'interdisciplinarité et ses implications en retour pour les deux chercheuses que sera recherché alors l'intérêt de la méthode, en concluant sur les développements envisagés.

Sujet et outils

Le sujet

La mobilité des troupeaux

La mobilité des troupeaux est une pratique ancienne à l'Extrême-Nord du Cameroun, en particulier chez les éleveurs de brousse d'ethnie fulbe (Mahamoudou, 1976). Cette mobilité est une réponse aux variations de la disponibilité en eau et en pâturages selon les lieux et les saisons. La mobilité des troupeaux n'est pas l'apanage des seuls éleveurs de brousse dits nomades, itinérants ou pasteurs mais aussi des éleveurs sédentaires qui font transhumier leur troupeau en saison sèche. Dans la région de l'étude, en particulier dans la plaine du Diamaré, la transhumance de saison sèche est une pratique courante de gestion du bétail pour les agro-éleveurs sédentaires. Elle repose sur des déterminants écologiques précis : à partir de décembre, l'abreuvement des troupeaux devient difficile en raison de l'assèchement des mares, la culture du muskwari¹ oblige les troupeaux à quitter les zones agricoles de saison sèche et les zones sableuses ne peuvent plus nourrir les troupeaux. La plupart des agro-éleveurs sédentaires dont le troupeau dépasse 50 têtes de bétail sont contraints à la transhumance tandis que les pasteurs ou itinérants font de la mobilité leur mode de vie².

L'eau est présente sous la forme de mayo (cours d'eau saisonnier), de mares artificielles et naturelles ou de puits individuels et collectifs selon la saison : elle est abondante en saison des pluies, en brousse et dans les villages. Pendant la saison sèche lorsque l'eau devient rare et que son extraction nécessite un effort important, son usage fait l'objet d'une réglementation ou d'une rémunération de la main-d'œuvre employée.

Les pâturages sont constitués par des espaces résiduels de brousse appelés réserves forestières³, des jachères ou des champs non cultivés. D'un point de vue historique, ces réserves forestières font partie du territoire des chefferies coutumières ; d'un point de vue juridique, ils sont la propriété de l'Etat centralisé. Ces espaces de brousse servent à des usages multiples, principalement à l'alimentation des troupeaux du terroir, à la collecte journalière du bois de feu et à la cueillette de plantes sauvages, alimentaires ou médicinales ; enfin, ils constituent l'espace de vie privilégié et saisonnier des pasteurs itinérants et de leurs troupeaux. La multiplicité des usages par des acteurs différenciés donne de fait à l'eau comme aux pâturages un statut de ressources communes. D'un point de vue économique, eau et pâturages sont des Communs parce que l'usage d'une unité de ces ressources par un acteur donné rend cette unité indisponible à d'autres acteurs : l'usage des Communs est par nature exclusif.

1. sorgho de saison sèche, repiqué au début de cette saison

2. Donner des ordres de grandeur sur le cheptel sédentaire et sur le cheptel transhumant et itinérant est difficile car, d'une part les statistiques officielles à l'échelle de la région de l'Extrême-Nord ne font pas cette différenciation et d'autre part, parce qu'il existe de grandes disparités entre la somme des chiffres relevés à l'échelle des terroirs et à l'échelle de la région.

3. loi sur l'environnement de 1995. ces réserves forestières sont en fait des savannes arbustives à arborées.

Avec l'accroissement des surfaces cultivées en saison des pluies et surtout en saison sèche, les espaces de brousse diminuent (Dugué, 1994). Cette évolution augmente la concurrence entre les agro-éleveurs et les éleveurs itinérants sur les pâturages : les conflits potentiels pour l'usage de cette ressource s'accroissent. L'existence d'accords entre populations sédentaires et itinérantes semble être un élément-clé pour éviter l'apparition récurrente de conflits et pour permettre la gestion de la ressource commune¹. Ces accords, qui prennent la forme de taxes, sont passés entre les chefferies locales et les pasteurs. D'autres comme les contrats de fumure évoquent un lien direct entre les éleveurs itinérants et les agriculteurs sédentaires : les troupeaux des éleveurs itinérants fument les terres agricoles en échange d'un droit de pâturage des résidus agricoles ou contre une rémunération monétaire (Boutrais, 1974), (Landais et al., 1990). L'instabilité de ces accords semble être la règle : M. Dupire oppose la pérennité des échanges de bétail à l'intérieur d'un système pastoral de parenté élaboré à la précarité des arrangements entre transhumants et sédentaires pour l'accès à l'eau et aux pâturages (Dupire, 1962). La possibilité de se garantir un accès dans tous les lieux voulus semble alors un point crucial à la survie de l'élevage itinérant².

L'angle d'approche économique : l'accès aux pâturages

L'accès aux pâturages et à l'eau renvoie à un ensemble de contraintes pour l'activité pastorale. La contrainte écologique est définie par la quantité et par la qualité des ressources communes présentes sur un lieu donné. La contrainte sociale s'exprime par le droit ou non d'utiliser ces ressources et à quelles conditions, ce droit pouvant être différencié en fonction des usagers ou de l'état de la ressource. L'accès désigne l'installation des pasteurs dans un pâturage, près d'un point d'eau pour une période donnée. Ce sont les conditions de cet accès que l'on cherche à identifier : comme point de repère à l'observation de terrain, en cherchant une interprétation économique préalable.

Pour la théorie économique standard, c'est la raréfaction de la ressource commune ou la contrainte écologique qui conduit à la réglementation de son accès possible : le constat de la rareté d'une ressource conduit à sa marchandisation, c'est-à-dire à son apparition dans la sphère des biens économiques. Elle n'y existe que lorsque qu'elle est dotée d'un prix. Ainsi peut se décrire le passage d'un pâturage commun libre ou sans contrainte d'accès à un bien pâturage dont l'accès est soumis à une contrepartie monétaire. Dans ce cadre, l'accès est identifié comme la confrontation d'une offre et d'une demande pour l'usage de la ressource commune. Cette confrontation donne lieu à la détermination d'un prix appelé coût d'accès où l'offre de pâturage dépend de l'état de la ressource et où la demande dépend de la taille du cheptel.

L'identification des coûts d'accès et de leur évolution selon les lieux de pâture et les usagers temporaires est le fil directeur du premier terrain d'enquête. Le questionnement en termes d'accès interroge la forme du lien entre différents utilisateurs pour l'usage d'une même ressource ainsi que son impact sur l'état de la ressource. En économie, cette forme est celle d'une transaction économique sur le marché d'une ressource. D'autres formes sont pressenties, en particulier au travers des échanges non marchands, des prêts ou des dons en bétail qui caractérisent les sociétés pastorales. Par ailleurs, on se demande si l'existence des coûts d'accès permet la survie du système pastoral dans son ensemble, c'est-à-dire à la fois du mode de production et de la ressource commune.

Système multi-agents et modélisation en sciences sociales

Système multi-agents

Le système multi-agents est un système informatique qui permet de mettre en place des univers virtuels à des fins de simulations (Lenay, 1994 ; Doran, 1994). Les modèles créés s'organisent autour d'entités, appelées des objets ou des agents, placées dans un univers dynamique. Au cours du temps, ces entités évoluent, du fait de leurs caractéristiques propres et de l'ensemble des interactions qu'elles ont avec leur environnement. Parmi ces entités, les agents sont celles qui sont capables d'agir sur ce qui les entoure, à la fois les autres agents et les objets.

1. Les traces de ces accords jalonnent ponctuellement la littérature sur l'élevage transhumant et se retrouvent dans les manuscrits historiques (Zeltner, 1953 ; Eldridge, 1983).

2. Il ne sera pas discuté ici de l'efficacité des systèmes d'élevage mobiles. Cette question a été abordé par plusieurs auteurs avec des réponses différentes en fonction des contextes (Benhnkes et Scoones, 1993). Pour une comparaison des systèmes sédentaires et mobiles en terme de coûts de production dans la zone de l'étude (Requier-Desjardins, 1997).

C'est principalement à la définition de ses actions que l'on s'attache pour un agent, en décomposant le mécanisme en trois étapes : perception - délibération - action. En général, l'agent est doté d'un champ de perception limité, qui lui permet d'obtenir des informations sur son environnement. A partir de ces connaissances et d'objectifs qui lui sont donnés, il procède durant ses délibérations à des choix entre un certain nombre d'actions prédéfinies. Ensuite, en agissant, il va transformer son environnement, et donc la perception qu'il en a et il devra reconsidérer ses connaissances pour choisir de nouvelles actions.

Ce processus itératif est d'autant plus complexe que l'agent n'est pas seul à influencer sur ce qui l'entoure et qu'à chaque pas de temps, l'univers est modifié par les actions de tous les agents conduites de façon simultanée. Il y a plusieurs façons pour les agents de s'influencer les uns les autres : en transformant directement les autres, en communiquant avec eux par des envois de messages (et donc en transformant ses connaissances, ou ses objectifs), et en modifiant l'environnement commun et donc la perception que chacun en a (Bousquet, 1996).

Ces systèmes informatiques donnent lieu à deux utilisations très différentes. La première est celle de la résolution de problèmes : la distribution des capacités de calculs entre des intelligences autonomes capables de communiquer permet d'arriver plus vite à des solutions face à des questions très complexes qu'avec des gros calculateurs centralisés. Le second usage est celui qui nous intéresse : il s'agit de la simulation au sein de mondes virtuels, afin de tester, comme en laboratoire, des hypothèses abstraites qui concernent des systèmes réels.

Simulations de sociétés

Pour définir un système à partir duquel effectuer des simulations, il faut décrire les caractéristiques des objets et des agents, les dynamiques de leur évolution et les modalités d'actions des agents. On lance alors la simulation à partir d'un état initial en répétant à chaque pas de temps une succession de transformations et d'actions. L'univers et les agents évoluent jusqu'à ce que des situations d'équilibre apparaissent dans leurs caractéristiques ou que des régularités soient repérables dans les actions. On parle en général d'émergence pour décrire ces phénomènes globaux qui se mettent en place dans les univers à partir d'un grand nombre de dynamiques locales (Cariani, 1991 ; Baas, 1994 ; Doran, 1994).

Considérant l'importance donnée à l'interaction dans la modélisation en multi-agents, celle-ci est très souvent utilisée pour décrire des sociétés, que celles-ci soient animales ou humaines. La plupart du temps, c'est la capacité d'auto-organisation des sociétés qui est ainsi mise à l'épreuve et les processus supposés sont testés. Par exemple, des sociétés de fourmis artificielles ont été créées où une différenciation s'opère entre les agents : partant d'une société parfaitement homogène, on voit les rôles se répartir dans la population au cours de la quête de nourriture des caractéristiques et des rôles dans la quête de nourriture (Drogoul, 1994). Pour décrire l'apparition de hiérarchie chez les humains, c'est également la quête de ressources qui est en général simulée, avec l'apparition de groupes dépendant de chef, qui perdurent ou non au-delà d'une action commune (Doran et al., 1993, 1994). Le cadre multi-agents permet alors de chercher les conséquences d'actions locales, relatives à des logiques explicitement décrites, sur la forme du collectif.

Face à ces simulations émergentistes où l'agent ne « comprend » pas le collectif auquel il participe dans ses actions, d'autres usages du système multi-agents se basent sur l'existence d'un groupe social prédéfini et de la capacité de chaque agent à percevoir les autres et à vouloir s'engager à leur égard (Rao et Georgeff, 1995 ; Castelfranchi, 1995). Il est également possible de définir un agent-groupe qui représente des caractéristiques du collectif et interagit avec des agents-individus (Barreteau, 1998). Ainsi, l'influence du groupe social sur les comportements individuels, peut être mis en scène.

Différentes hypothèses peuvent ainsi être testées dans des simulations pour ce qui concerne les informations reçues par l'agent, ses objectifs individuels, ainsi que les diverses formes d'influence du collectif sur ces critères. C'est cette définition du modèle à travers des règles locales de comportement qui rend la simulation dans les systèmes multi-agents intéressante pour l'économie et la sociologie (Gilbert, 1993).

Comment organiser l'interdisciplinarité ?

Dès le début de la collaboration, de nombreux problèmes dans la coordination des connaissances et la mise en commun du travail ont été mis en exergue. Ainsi, avant de pouvoir construire un modèle, il fallait que la modélisatrice comprenne la problématique de l'économiste au regard de l'objet et du terrain d'étude.

Le travail a commencé par un partage de « propositions bibliographiques », où les références essentielles étaient réciproquement fournies. Déterminer quels sont les ouvrages nécessaires à la construction ou à la compréhension de son sujet est un exercice qui s'est révélé en soi intéressant, par exemple en forçant à justifier des appartenances théoriques jusqu'alors sous-entendues. Ensuite, il a fallu mettre en accord les usages du vocabulaire. Très souvent les disciplines, pour le même terme, font référence à des idées très différentes et c'est pour chaque terme que les hypothèses et les limites d'usage ont dû être posées.

C'est finalement sur des champs d'intérêt commun que c'est construit le travail : il fallait que les résultats à venir puissent être utilisés pour répondre à des questionnements de chacune des disciplines. Ainsi, les questions de réseaux sociaux, d'échanges marchands et non marchands de biens, de circulation de l'information se sont retrouvées au centre de la problématique commune.

Le passage à un modèle informatique devait alors être le second exercice. De grandes attentes en termes de clarification et de fixation des hypothèses y étaient liées. C'est par l'épure que des erreurs ou des simplifications grossières ont pu être mises à jour.

Les travaux en cours

Premier modèle, traduction des premières observations de terrain

Premières conclusions de terrain

Le premier terrain est celui que l'économiste a effectué préalablement à la conception du modèle (du 16 novembre au 31 décembre 1996). L'analyse a été menée à partir du concept de coût d'accès, défini comme l'ensemble des dépenses qu'il est nécessaire de faire pour avoir accès à la ressource. Trois points principaux se dégagent de cette analyse, pour établir une description du système.:

- Les règles d'accès en vigueur sont, de fait, les règles définies par le système coutumier : les éleveurs se présentent au chef coutumier et lui demandent l'autorisation de s'installer sur les terres de son territoire pour une période donnée pour bénéficier de l'eau et des pâturages communs. Cette règle a changé et l'autorité relève de l'administration, mais on note que celles-ci délèguent aux chefs la responsabilité des accès. Le chef est donc l'interlocuteur principal pour les éleveurs qui arrivent sur un territoire.
- L'installation ou l'accès donne généralement lieu à un prélèvement monétaire, et il y a également de nombreux prélèvements supplémentaires, auxquels l'éleveur peut difficilement se soustraire (taxes vétérinaires, des eaux et forêts au Tchad). En général les éleveurs vendent une ou plusieurs bêtes lorsqu'ils ont à débours ces sommes qui sont assez importantes. Les montants sont néanmoins très variables selon les années et les interlocuteurs qui négocient : tout paiement est traité au cas par cas¹. L'étude de cette variabilité montre l'existence d'une règle, qui relie l'ancienneté du passage des bergers aux montants prélevés : pour schématiser, dans une zone donnée, le coût d'accès est une fonction décroissante de l'ancienneté.
- Il existe un autre ensemble de rapports entre les individus des communautés sédentaires et transhumantes, sans lien avec les réglementations autour de l'accès ou de l'élevage. Ils sont matérialisés par de nombreux échanges : des dons, des échanges de lait contre des céréales, des ventes de bêtes. La bibliographie fait également état de contrats de fumure et de gardiennage. En ce qui concerne les premiers, il semble y en avoir très peu, voire pas du tout, dans la zone observée. En ce qui concerne le

1. Il arrive que des sommes globales soient demandées pour des troupeaux, là où la taxe devrait être payée par tête ; souvent des cadeaux personnels peuvent faire oublier la taxe officielle.

gardienage, très important en nombre de services rendus et de main-d'œuvre employée, les mécanismes relationnels en jeu sont très complexes et n'avaient pas été très bien explicités lors du premier terrain.

Deux constats semblaient un peu contradictoires et un approfondissement de la réflexion à ce sujet était nécessaire. Les routes de transhumance sont des axes très stables, empruntés globalement par l'ensemble des éleveurs. Cependant, des modifications sont perceptibles en permanence. Elles peuvent être légères : parfois, la composition des campements se transforme du fait du départ d'un des éleveurs qui s'attache à un autre groupe ; elles sont parfois plus importantes, un lignage entier décidant de quitter définitivement une zone et de résider dans une nouvelle région pour toute la saison. Les deux faits mis en parallèle posaient la question des motivations dans les choix de parcours et des rencontres.

Deux comportements types ont alors été envisagés : l'un utilitaire, relevant de la pure économie, à la recherche du moindre coût ou du gain maximum ; l'autre fondé sur une fidélité dans les relations et sur une bonne entente. Dans la perspective économique, la survie des troupeaux relevait d'une bonne utilisation des revenus de la vente du bétail, identifiée comme le moyen principal d'obtention de liquidités. C'est en voulant utiliser ces différents points que le système artificiel a été défini.

La traduction

Le premier modèle informatique a été construit pour traduire celui, conceptuel, présenté par l'économiste. Il s'organise donc autour des notions de coût et de fidélité. Les besoins pour un troupeau ont été schématisés par deux ressources distinctes (eau et fourrage), et les responsables face à la ressource ont été différenciés. L'eau est alors en propriété commune, et la terre, sous la forme de pâturages et de champs en propriété individuelle. Il y a alors trois catégories d'agents : 40 sédentaires, qui possèdent des terres, répartis en 5 villages, responsables de l'eau, et 20 transhumants, avec leurs bêtes. Il y a une interdépendance des agents, chacun ayant besoin des autres, ce qui les force à communiquer : les transhumants doivent accéder à l'eau et aux pâturages, les sédentaires assurer la fertilisation de leur terrain en accueillant un nombre minimum de bêtes, et les villages accumuler de l'« argent »¹ pour assurer la cohésion du groupe. Toutes les relations se traduisent dans des accords entre agents où sont échangés un accès (accès à l'eau ou en quantité de fourrage) contre de l'argent².

Ce sont les transhumants qui font les premiers choix en demandant un accès, tout d'abord à l'eau dans trois villages et ensuite au fourrage à des sédentaires de ce village. Ayant décidé des rencontres possibles, ils évaluent leur besoin en argent et vendent des bêtes en conséquence. Les villages acceptent forcément la présence des transhumants en leur signalant le prix à payer. Les sédentaires peuvent refuser, si d'autres contrats déjà passés leur font craindre la dégradation de leur terre à cause de la présence de trop de bêtes, et proposent également le prix d'accès. C'est selon les réponses que les transhumants décident de leurs actions pour l'année à venir.

Les agents dans chaque catégorie sont identiques au début et ne connaissent rien sur leur univers. Ainsi, les coûts d'accès de chaque sédentaire ou village, le nombre de bêtes de chaque transhumant sont des données qui ne sont découvertes qu'au cours des rencontres. De plus, comme elles évoluent au cours du temps, les agents peuvent posséder des données erronées, ce qui peut, entre autres, les amener à être déçus³. Tous les choix de demande des transhumants sont déterminés par les savoirs accumulés, et sont définis par deux types de logique dans la recherche d'accès⁴. La première est celle de type « utilitariste », qui est d'aller demander au sédentaire que l'on connaît comme le moins cher. L'autre critère est la fidélité, le transhumant essayant de revenir sur les mêmes terres chaque année. Comme on l'a vu, les autres catégories n'utilisent pas les connaissances qu'ils ont des transhumants pour leurs réponses.

1. Un seul type de biens circule dans cette société artificielle, et a donc été appelé « argent ».

2. L'inspiration, pour cette traduction était le modèle des contrats de fumure (Boutrais, 1973).

3. Une « déception » pour un transhumant sera de se faire refuser un accès ou de le payer plus cher que prévu. Pour un sédentaire ou un village, ce sera d'être face à un transhumant qui refuserait de venir sur sa terre alors que celle-ci doit être fertilisée ou qui viendrait avec trop d'animaux, ce qui la dégraderait.

4. En fait les transhumants ne demandent pas tous leurs accès en fonction de ces critères : un village sur les trois est choisi au hasard ainsi que un sédentaire dans chaque village : c'est ce qui permet la connaissance de la plupart de la population. Dans certaines des simulations, on a rajouté pour le transhumant une liste de sédentaires avec qui il ne veut plus entrer en communication.

Une année se déroule donc selon l'ordre suivant : les transhumants vendent des animaux et font des demandes d'accès, les autres agents leur répondent et les transhumants choisissent définitivement leurs passages dans les villages et sur les terres. Ensuite, chacun fait un bilan de sa production : les éleveurs voient si la ressource qu'ils ont réussi à récupérer a suffi pour que leurs bêtes se reproduisent ou si des bêtes sont mortes ; les sédentaires voient si un nombre correct d'animaux (ni trop ni trop peu) sont passés sur leur terre et s'ils ont assez d'argent pour payer leur taxe au village (dans le cas contraire, ils augmentent leur coût d'accès pour l'année suivante ; enfin, les villages voient s'ils ont reçu assez de biens. En fonction des pertes éventuelles ou des succès, chacun évalue si les agents rencontrés lors de ce tour ont été décevants ou non, ce qui permet d'établir un « avis », et stocke les informations pertinentes (nombre de bêtes et coûts d'accès). Ce que l'on observe chaque année est l'évolution des coûts d'accès, de la qualité de la terre (qui détermine combien de fourrage sera produit l'année suivante), de la taille des troupeaux et des « avis » à propos des relations (savoir si globalement, les agents sont satisfaits ou non).

Lors la définition des protocoles de simulation, on voulait tout d'abord tester l'influence du type de motivation. Les critères ne varient pas au long de la simulation et sont les mêmes pour tous : au début on définit donc le critère (fidélité ou dépense minimale) pour la façon de choisir l'accès à l'eau et la façon de choisir l'accès au fourrage. Un autre facteur qui peut varier est le nombre d'accès demandés : le transhumant va toujours dans trois villages, mais demande en tout 6 ou 9 accès au fourrage. On a donc défini huit protocoles distincts, définissant des simulations de 50 années. Le dernier facteur sur lequel on agit est le rapport entre les coûts : le prix d'une bête, les coûts des accès ou de l'unité de fourrage. Cela permet d'étudier l'importance de ces rapports pour la perpétuation des troupeaux et donc du pastoralisme.

On peut récapituler les présupposés forts qui ont été introduits lors de la création du monde artificiel. Tout d'abord, on a posé que les savoirs sur la ressource ne sont pas utilisés dans les choix des agents. Ensuite, toutes les connaissances sont acquises à travers des relations entre les agents, de façon totalement distribuée et locale. De plus, ces relations existent seulement entre des agents de type différent. Enfin, les logiques qui président à l'action ne peuvent pas varier au cours du temps.

Nouvelles observations

Même si le travail de simulation n'avait pas été mené au moment du départ sur le terrain, de nombreuses questions avaient été soulevées par l'élaboration du modèle, qui donnaient des pistes pour l'observation lors des séjours dans les campements. Déjà, l'étude bibliographique sur les sociétés pastorales avait montré que les relations pour l'accès aux ressources communes s'inscrivent dans des systèmes de relations sociales établies. De plus, sur le terrain, il avait été constaté que des cadeaux de grande valeur s'échangent, sans que le lien avec l'accès puisse être fait. Ainsi, il manquait des informations sur l'articulation entre les relations que pouvaient entretenir un transhumant avec les communautés locales et la garantie d'un accès pour les années suivantes.

Un séjour au Cameroun a été effectué sur une durée de 3 mois. Une faible partie du travail de terrain a été collective, pour la plupart du temps, les enquêtes ont été élargies au maximum, en rencontrant des populations différentes, dans des villages et des zones distincts. Les observations ont conduit à une redéfinition de l'objet commun d'étude.

La prise en compte de la ressource

L'environnement naturel influence en fait de façon première tous les mouvements de troupeau. Ce facteur a réellement une importance première, qui avait été un peu sous-estimée dans la première modélisation : il doit y avoir suffisamment d'eau et de fourrage accessible et de bonne qualité pour que le troupeau puisse s'installer dans une zone. Ainsi, pour des déplacements sur de petites distances, c'est la qualité du fourrage que le berger étudie pour décider des meilleurs emplacements. Pour le départ ou le retour de transhumance, les choix dépendent également de l'état de la ressource ou de l'arrivée des pluies¹. Comme ces données varient énormément d'un lieu à l'autre et selon les années², les éleveurs

1. Les problèmes d'épizooties et la présence de parasites explique également parfois l'abandon d'une zone par les éleveurs.

2. Voir en particulier les nouvelles approches écologiques qui définissent les pâturages des zones arides et semi-arides comme des systèmes écologiques incertains et en déséquilibre, (Benkhe et Scoones, 1992).

doivent à tout moment se tenir au courant pour connaître les lieux les plus propices à leur activité. En général, les informations sont transmises lors des discussions entre les éleveurs, de façon informelle, au marché ou en brousse¹ ; il arrive également que des messagers soient envoyés du village pour signaler l'arrivée de la pluie.

L'environnement social

On a pu constater que les éleveurs sont soumis à des pressions tout au long de leur route : en saison des pluies, l'accès à la ressource se fait dans des zones où les cultures ne sont jamais loin du fourrage et chaque vagabondage d'une bête peut abîmer le champ d'un paysan et compromettre sa récolte. Certains sédentaires empiètent sur les zones de pâturages pour installer leur champ, laissant les éleveurs sans lieu pour s'installer. Dans la zone d'étude, la brousse est le lieu le moins bien contrôlé par les autorités. Les transhumants y sont quotidiennement exposés aux agressions des voleurs. Leur situation marginale fait d'eux les premières victimes des abus de pouvoir ou des accusations de vol. Ces situations où les conflits sont plus ou moins latents sont plutôt inconfortables pour les pasteurs. Par certains comportements, ils peuvent se prémunir contre une partie des pressions susceptibles d'être exercées sur eux.

La sécurité est une donnée fondamentale pour les transhumants puisque les troupeaux peuvent autant leur être soustraits par des attaques nocturnes que par des aléas environnementaux. Pour ne pas être accusé de façon infondée ou pour être soutenu en cas de litige, une règle de conduite consiste à ne pas se dissimuler en brousse (beaucoup le font pour garder leur indépendance). En venant se présenter au chef coutumier dès l'arrivée, les pasteurs se placent officiellement sous sa protection. Les dons faits à cette occasion, en fonction de la richesse de l'éleveur, peuvent influencer les décisions lors du règlement des conflits. Il est d'usage d'avoir, par ailleurs, une vie sociale fournie : être connu de tous, en particulier être connu comme riche, est la meilleure protection contre tout abus de pouvoir. Les nouveaux arrivants ont tout intérêt à être introduit par un éleveur déjà apprécié : la notoriété peut se construire, mais également se transmettre. De nombreuses relations se matérialisent dans les rencontres au marché, lors de la vente d'animaux ou du lait par les femmes. On note également que la richesse, qui est toujours à peu près bien évaluée pour un éleveur, puisqu'elle est difficile à cacher (la taille et la santé du troupeau), ajoute au prestige de l'éleveur et de ses amis.

L'appartenance à une communauté

Dans les villages, les pasteurs entretiennent des relations individuelles avec les sédentaires, qui peuvent être liées à l'accès ou sont des relations d'amitié. Tous ces rapports ne peuvent pas être abstraits d'un contexte social plus large. Chaque éleveur en appartenant à une ethnie, à un lignage, en est le représentant au moment où il arrive dans un village. Il a un statut social et une place dans la hiérarchie de ce lignage, et de ce fait, il est attaché à des devoirs et possède des droits déjà établis par des codes en vigueur. Ainsi, il existe des systèmes de solidarité au sein des familles, ou des façons d'affirmer l'autorité pour le chef, qui ne laissent pas le choix aux individus : ceux-ci se doivent de faire des dons pour lesquels la réciprocité s'exprime d'une façon très différente des échanges du système marchand (Godelier, 1996).

On a noté à cet égard que la différence entre utilitarisme et fidélité, qui avait été définie dans le premier terrain, se retrouvait, mais articulée d'une façon différente de ce qui avait été postulé pour le premier modèle. Les deux comportements coexistent chez la même personne et se manifestent selon le contexte, la nature de l'interaction en jeu et la position sociale des interlocuteurs : le même éleveur peut choisir un marché parce qu'il pourra y obtenir les meilleurs prix, négocie âprement avec le vétérinaire, alors qu'il fera le même jour don d'une bête à un éleveur sédentaire qu'il connaît depuis longtemps et avec qui il a également des relations commerciales.

1. « Le recueil et la vérification de l'information concernant l'état des pâturages et des points d'eau, (...) la conduite des négociations qui permettront de conclure et de sceller les alliances nécessaires pour accéder à (ces) informations... » (Digard *et al.*, 1992).

Discussion

Reconstruction de l'objet commun

L'objet commun

Le travail interdisciplinaire engendre une nouvelle représentation du monde pastoral au travers de la redéfinition de la notion d'accès. Ce qui importe n'est plus seulement la possibilité de s'installer là où se trouve la ressource pastorale mais les conditions dans lesquelles a lieu l'installation : les pasteurs privilégient les lieux où leur sécurité est assurée et où les pressions sociales sont réduites. La recherche du moindre coût d'accès n'est pas plus l'objectif principal des pasteurs que la recherche du maximum de points de chute possible sur leur parcours. Dans un environnement écologique et social incertain, il leur est indispensable de conserver des possibilités d'accès dans le maximum de lieux possibles : les stratégies identifiées dans ce sens obéissent à des codes sociaux pré-établis autant qu'à des initiatives individuelles. Deux logiques semblent contradictoires mais qui coexistent : un système d'échange marchand et un système d'échange non-marchand, qui répondent à des mécanismes différents de réciprocité, dont il semble impossible de dissocier les effets ou les raisons qui y président. C'est cette imbrication dans des contextes divers, au sein des familles ou dans des relations individuelles, que se situe dorénavant le point central du travail : réussir à expliciter l'articulation des deux niveaux doit permettre de comprendre en quoi elle est fondamentale pour la reproduction du système transhumant.

Quelques éléments pour le modèle Sma

C'est cette idée d'articulation que l'on va tenter de traduire dans un système multi-agents, en mettant en avant les quelques points marquants de la plus récente observation. C'est ainsi que l'environnement et les agents dans le monde artificiel auront des caractéristiques très différentes du premier modèle¹.

Deux types de « biens » qui circulent

Dans les relations entre les individus, sur le terrain, on a constaté l'importance des transferts d'informations (à la fois parce que les éleveurs en dépendent, et parce qu'ils peuvent exprimer des liens privilégiés). C'est pour cela que, dans le système, en plus des biens de type monétaire, les informations, elles, s'échangeront, créant des liens réciproques entre les agents, en étant utilisés par ceux-ci dans leur production.

Deux logiques d'échanges

C'est cette alternance des logiques dans les échanges que l'on tient spécifiquement à mettre en avant, et donc chaque agent pourra faire recours aux deux systèmes en fonction du contexte, en donnant ou en vendant des biens.

Deux types de lien social

Parmi les relations que l'on a pu observer sur le terrain, de nombreuses étaient définies d'une façon automatique du fait même du statut de la personne. C'est pour cela que pour définir l'ensemble des relations, il semble nécessaire de superposer deux types de relations différentes : certaines sont prédonnées et créent des réseaux sociaux où des obligations apparaissent, et une autre est le lien créé lors d'un échange.

L'objet commun, un éclairage pour chaque discipline

Systèmes multi-agents

Les conclusions que l'on peut tirer pour la modélisation en système multi-agents, sont de deux types. Tout d'abord, le résultat et la traduction que l'on veut en faire semble un point important. Ainsi, accepter une pluralité de logiques, de biens échangés et de contraintes apparaît, en soi un résultat. En effet, dans la plupart des systèmes construits, la complexité finit par être réduite à des options simples, comme dans

1. Le système sera élaboré sur la plate-forme de l'équipe Green, Cormas (Bousquet, 1998), où deux « couches » se superposent dans la définition de l'agent (sa position sur la ressource et les modalités de sa communication avec les autres agents).

notre premier modèle : par exemple, les biens échangés ne sont plus traduits qu'en termes monétaires (Balzer, 1997) ou les motivations des agents sont toutes retraduites par un seul but synthétique.

Ce qui semble intéressant, c'est que c'est la démarche elle-même qui révèle ces exigences pour la modélisatrice : c'est à partir du moment où les deux membres de l'équipe ont été familiarisés avec l'autre discipline que la pensée a commencé à s'unifier, et qu'une vision s'est élaborée. Pour la modélisatrice, il semble dorénavant impossible de demander à l'économiste de réduire les mécanismes de l'accès au pâturage à une logique. Or, ce n'est qu'à partir de la vision du terrain que cette « évidence » de la complexité a permis qu'elle ne soit plus remise en cause par la modélisatrice, et que sa traduction soit recherchée. Le modélisateur ne doit pas rester éloigné de son sujet et celui-ci doit être appréhendé à travers une bonne connaissance des cadres des systèmes multi-agents, non pas retraduit à partir d'une vision intermédiaire. C'est une conclusion du travail d'interdisciplinarité qui a eu lieu.

Economie

On se situe dans le champ de la nouvelle économie institutionnelle qui veut expliquer l'existence d'institutions dans une société donnée : une institution est définie comme un ensemble de règles en usage (« *a set of rules in use* ») (Schlager et Ostrom, 1992). En utilisant les bases de la théorie économique standard, la nouvelle économie institutionnelle dont le représentant est O. Williamson (Williamson, 1994) construit un modèle hypothético-déductif dans lequel les comportements individuels expliquent l'apparition d'institutions efficaces, c'est-à-dire au moindre coût pour ou au meilleur bénéfice des agents économiques.

L'expérience interdisciplinaire contraint à approfondir la notion économique d'accès et à la relier à celle d'institution. Une série de prix d'accès différents et négociables existent pour un même pâturage qui ne semblent pas garantir un usage optimal de la ressource commune. Les déterminants de l'accès ne sont pas seulement économiques sous la forme d'un prix d'accès mais dépendent aussi d'un système social contraignant : des dons et des échanges non marchands matérialisent des obligations sociales et garantissent la sécurité d'un accès donné. Ils participent d'un échange avec le monde non humain (O'Connor et Arnoux, 1992), le milieu naturel ou pâturages, en l'occurrence la brousse.

Cet ensemble de constatations sur le terrain, traduites dans un modèle de simulation multi-agents permet de se situer dans une branche particulière de l'économie institutionnelle, celle de D.C. North (North, 1990). Il constate la permanence d'institutions non efficaces dans la société : les institutions sont issues de choix individuels donc maximisateurs mais elles peuvent devenir inefficaces sur le moyen terme. Elles sont aussi des contraintes pour les individus.

La plupart des observations faites sur le don et le contre-don dans les sociétés dites primitives les décrivent comme des institutions sociales qui participent au maintien de la vie dans toutes ses formes. L'expérience interdisciplinaire, par la définition d'un objet commun ou l'articulation entre un niveau individuel et collectif d'analyse interroge la nature des institutions au sens de D. C. North et la place que peuvent y trouver les échanges non marchands. L'économiste se propose de faire le lien avec les évolutions d'une ressource en propriété commune.

L'objet commun dans l'expérience d'interdisciplinarité

Les attentes de la construction du modèle ont été en grande partie réalisées. En effet, un grand nombre de concepts et d'axes de recherches ont pu être mis en commun.

En outre, le passage à un modèle informatique a effectivement mis en avant les fortes hypothèses qui se dissimulaient sous certaines définitions. Par exemple, c'est lorsque l'on a décrit de façon précise les processus de choix des agents qu'est apparue la supposition que les individus agissaient selon deux modèles de pensée parfaitement distincts.

Ce qui a été plus fondamental encore dans la démarche, c'est l'apparition de ce que l'on peut nommer l'objet commun. C'est le passage nécessaire d'un travail d'éclairage mutuel et non plus un ensemble d'hypothèses agrégées venues de deux disciplines. Plutôt que de faire un aller-retour entre deux disciplines, on a établi un campement au milieu.

Bibliographie

- BAAS N.A., 1994. Emergence, hierarchies and hyperstructures. Langton C.G. (ed.), Addison-Wesley. *Artificial Life*, XVII, (III) : 515-537.
- BALZER, 1997. SMAS: A Serial Multi-Agent System for Social Simulation, sur site www.
- BARRETEAU O., 1998. Un système multi-agent pour explorer la viabilité des systèmes irrigués : dynamique des interactions et modes d'organisation, thèse de doctorat, Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts.
- BENKHE R.H., SCOONES I., 1992. Repenser l'écologie des parcours : implications pour la gestion des terres de parcours en Afrique. IIED, Programme Réseaux des Zones Arides, London, England, dossier n°33 mars 1992, 46 p.
- BONFIGLIOLI A.M., 1988. Duda, histoire de famille et histoire de troupeau chez un groupe de Wodaabe du Niger. MSH, Cambridge University Press, 187 p.
- BOUSQUET F., 1994. Des milieux, des poissons, des hommes : étude par simulations multi-agents, thèse de doctorat, Orstom.
- BOUSQUET F., BAKAM I., PROTON H., LE PAGE C., 1998. Cormas : Common-Pool Resources and Multi-Agent Systems. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 1416 : 826-837.
- BOUSQUET F., 1996. Systèmes multi-agents et action sur l'environnement: Actes du colloque : « Mémoires, inscriptions, actions, individuelles et collectives », 22-26 janvier 1996. Centre de recherche de Royallieu, Compiègne.
- BOUTRAIS J., 1973. La colonisation des plaines par les montagnards au nord du Cameroun. Travaux et documents de l'ORSTOM, n° 24, 277 p.
- CARIANI P., 1991. Emergence and artificial life. Langton C.G. (ed.), Addison-Wesley. *Artificial Life*, X, (II) :
- CASTELFRANCHI C., 1995. Commitment: from individual intention to groups and organizations. Actes du colloque ICMAS'95, V.Lesser (ed.), MIT Press, p. 41-48.
- DIGARD J-P, LANDAIS E., LHOSTE P., 1993. La crise des sociétés pastorales, un regard pluridisciplinaire. *Revue Elev. Méd. Vet. Pays Trop.*, 46 (4) : 683-692.
- DORAN J., PALMER M., 1993. The EOS project :Integrating two models of Paleolithic social change. *Artificial Societies*, N. Gilbert & R. Conte (ed.), UCL Press.
- DORAN J., 1994. Collective memory and emergent human social complexity, *Mémoire Collective. Dialogue entre les SMA artificiels (IAD) et les sciences humaines et biologiques*. Centre de recherche de Royallieu, Compiègne.
- DORAN J., PALMER M., GILBERT N., MELLARS P., 1994. The EOS project : modelling Upper Paleolithic social change, *Simulating societies. The computer simulation of social phenomena*.
- DROGOUL A., 1992. L'éthomodélisation. Institut Blaise Pascal, Jussieu. Rapport n°92/20.
- DUGUÉ et al., 1994. Projet Garoua, diversité et zonage des situations agricoles et pastorales de la zone cotonnière du Nord-Cameroun. IRA-IRZV-CIRAD, 84 p.
- DUPIRE M., 1962. Des nomades et leur bétail. *L'Homme*, 1 : 22-39.
- DUPIRE M., 1970. Peuls nomades, étude descriptive des Wodaabe du Sahel nigérien, Karthala réed., 1996, 336 p.
- ELDRIDGE MOHAMMADOU ed, 1976. L'histoire des Peuls Férôbe du Diamaré, Maroua et Petté. *African Languages and Ethnography III. Institute for the study of languages and cultures of Asia and Africa (ILCAA)*, 409 p.
- DYSON-HUDSON R.N., 1980. Nomadic Pastoralism. *Annual rev. of Anthropology*, 9, London, p.15-64
- FERBER J., 1995. Les SMA : vers une intelligence collective. Inter Editions.

- GILBERT N., 1993. 'Emergence in social simulation', prepared for Sim Soc 93, Cartosa di Pontignano, Siena.
- GODELIER M., 1996. L'énigme du don. Paris, Fayard, 315 p.
- GODELIER M., 1974. Considérations théoriques et critiques sur le problème des rapports entre l'homme et son environnement. *Information sur les sciences sociales*, 13 (6) : 31-60.
- LENAY C., 1994. Intelligence Artificielle Distribuée : modèle ou métaphore des phénomènes sociaux. *Revue internationale de systémique*, 8 (1) : 1-11.
- NORTH D.C., 1990. Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge University Press, 152 p.
- O'CONNOR M., ARNOUX R., 1992. Ecologie, échange inéluctable et éthique de l'engagement, sur le don et le développement durable. *Revue du MAUSS*, 15- 16 : 288-308.
- RAO A.S., GEORGEFF M.P., 1995. BDI, Actes du colloque ICMAS'95, V.Lesser (ed.), MIT Press.
- REQUIER-DESJARDINS M., 1997. L'accès aux pâturages, une approche économique de la mobilité, Actes du colloque Méga-Tchad, L'homme et l'animal dans le bassin du lac Tchad, 17 p., à paraître.
- SCHLAGER E., OSTROM E., 1992. Property-rights regimes and natural resources : a conceptual analysis. *Land Economics*, 68 (3) : 249-262.
- WILLIAMSON O. E., 1994. Les institutions de l'économie. Interéditions, 404 p.
- ZELTNER J-C., 1953. Notes relatives à l'histoire du Cameroun. *Bulletin d'Etudes Camerounaises*, 35-36 : 5-18.

Comprendre les relations système de culture - système d'élevage dans les exploitations agricoles bretonnes

Une démarche de recherche-action
pour contribuer à la maîtrise des pollutions agricoles

B. MONTEL

Ina, Institut national agronomique Paris-Grignon, Département des sciences animales -
Ger, Développement des filières animales, 75231 Paris cedex 5, France

Résumé. Comprendre des relations système de culture - système d'élevage dans les exploitations agricoles bretonnes. Une démarche de recherche-action pour contribuer à la maîtrise des pollutions agricoles. Suite au développement de leurs activités depuis les années 50, les éleveurs bretons sont aujourd'hui contraints de modifier leurs pratiques afin de maîtriser les pollutions qu'ils peuvent engendrer. En raison des enjeux sous-jacents, tant techniques que socio-économiques, il convient de clarifier le débat concernant le développement de l'élevage en Bretagne et de proposer une démarche qui puisse guider ces changements. Pour cela, une démarche de recherche-action, dont la problématique rejoint des préoccupations de recherche sur les interactions entre les divers agents des filières des productions animales a été adoptée. Les objectifs sont d'identifier, de hiérarchiser et de formaliser les conditions de tels changements, notamment celles liées au fonctionnement des filières, mais aussi de construire un modèle qui puisse être un outil d'aide à la décision.

Introduction

Depuis une dizaine d'années, la Bretagne se trouve face à un problème de pollution des eaux continentales et littorales par les activités agricoles. L'aspect le plus sensible concerne les pollutions dites « diffuses » par les nitrates et les phosphates. Quand on s'intéresse à leur origine, on peut proposer deux niveaux d'analyse complémentaires : 1) le comment : des apports d'azote et de phosphore significativement supérieurs à la demande du sol et des plantes, 2) le pourquoi : le développement conjugué des activités agricoles et connexes qui a favorisé des systèmes de production structurellement excédentaires en azote et phosphore. En retour, les politiques d'environnement obligent, aujourd'hui, les entreprises de ces mêmes secteurs d'activité à repenser leurs politiques et stratégies de développement.

Le Groupe d'enseignement et de recherche (Ger), développement des filières animales du département des sciences animales de l'Institut national agronomique Paris-Grignon a pour objets d'étude les conditions et les modalités de l'organisation et du développement des filières animales. Ses travaux portent, notamment, sur les relations entre l'exploitation d'élevage et les autres entreprises des filières

partir d'un problème concret — comment maîtriser les pollutions tout en restant économiquement performant — et d'une problématique de recherche — comment insérer les filières dans la compréhension du fonctionnement de l'exploitation, vu à travers l'élaboration de la charge polluante — Ce projet de recherche très finalisé en termes d'action a déterminé l'option d'une démarche de recherche-action.

Dans un premier temps, cet article montre en quoi les pollutions diffuses sont liées aux pratiques de gestion de la fertilité à l'échelle des exploitations agricoles et des territoires, et, à travers une brève histoire de l'élevage breton, comment elles se sont construites. Il expose, ensuite, la démarche qui a été adoptée pour apporter des éléments de réponse aux questions posées par les praticiens (éleveurs, agents de développement, entreprises) et par la recherche.

Présentation succincte du contexte breton

Les pollutions diffuses agricoles : une interaction entre activités humaines et milieu

Les pollutions diffuses des eaux par les nitrates et les phosphates d'origine agricole sont, comme toute pollution, une question de dose. La teneur en nitrates dans l'eau (de même pour les phosphates) est fonction de la quantité d'azote apportée sur le sol, des processus biophysico-chimiques du système sol-atmosphère-plante.

Cette quantité d'azote est en grande partie déterminée par le mode de gestion de la fertilité : quantités d'éléments fertilisants utilisés, périodes et lieux d'épandage. Les processus évoqués précédemment sont non seulement fonction du milieu mais également de son mode d'occupation par l'homme (période de présence d'un couvert végétal, état du sol, etc.). Il apparaît donc que le risque de pollution correspond à une interaction entre les activités agricoles et le milieu. Les pollutions diffuses sont une des expressions d'un ensemble d'actions des agriculteurs sur un territoire donné, le couple « milieu × actions » définissant des situations à risque (Capillon, 1992).

Un mode de développement de l'élevage qui a atteint ses limites

Le milieu des années 50 marque le début de la révolution avicole en Bretagne qui fait suite à un premier développement de la production d'œufs de consommation (dès les années 30). Elle est permise par l'amélioration des infrastructures et des techniques d'élevage et par le développement du métier de fabricant d'aliment du bétail chez les minotiers (Diry, 1985). La petite paysannerie peut alors envisager de rester au pays et d'y maintenir une activité agricole. Parallèlement, un ensemble d'activités se développent en amont de l'exploitation agricole (fabricants d'aliments du bétail, constructeurs de matériel agricole, accoureur, etc.) et en aval (abattage, collecte du lait, conditionnement des œufs, transformation). Ces secteurs d'activités fournissent aujourd'hui plus de 65 % des emplois dans les zones rurales bretonnes (Bontron, 1995).

A la suite de la première crise avicole du milieu des années 60, les fabricants d'aliments du bétail encouragent le développement de la production porcine, afin d'assurer des débouchés à leur production (Diry, 1985). Quelques années plus tard, les rescapés de la crise avicole amorcent le renouveau de la production, dans un contexte d'agrandissement, de concentration et d'intégration.

Cela se traduit par un développement important des productions avicoles et porcines en Bretagne après la Seconde Guerre mondiale, soutenues en cela par la politique agricole européenne (article 39 du traité de Rome, mars 1957 ; conférence de Stresa, juillet 1958). Celle-ci sera relayée en France par la loi d'orientation agricole de 1960, complétée en 1962. Les densités animales (nombre d'animaux/ha) ont ainsi plus que doublé pour les porcs entre 1970 et 1995, triplé pour les volailles sur la même période. Cette croissance des effectifs animaux entraîne, entre autres conséquences, une augmentation des quantités d'azote d'origine animale produites, comme dans le cas du Finistère (figure 1) ; la situation est similaire pour le phosphore. Simultanément, la surface agricole utile (Sau) bretonne ne cesse de diminuer, passant de 1 950 000 à 1 833 000 ha entre 1976 et 1995. La part des surfaces toujours en herbe se réduit (430 000 ha en 1976, 269 000 en 1995) tandis que les surfaces cultivées s'accroissent (maïs ensilage, céréales), diminuant ainsi la durée de couvert végétal sur la Sau.

La production locale de céréales ne suffisant plus pour alimenter ces animaux, les fabricants d'aliments du bétail importent, d'autres régions françaises ou de pays étrangers, des volumes importants de matières premières (figure 2).

En termes de cycle de transfert de fertilité, cela conduit à une rupture : les quantités de déjections produites correspondent à une biomasse alimentaire beaucoup plus importante que celle issue du territoire où sont épandues la quasi totalité des déjections (Coléou, 1992). En 1996, pour l'ensemble de la Bretagne, l'excédent d'azote (apports - exportation par les plantes) était évalué à 123 000 tonnes soit environ 67 kg/ha, les déjections animales apportant 215 000 tonnes (117 kg/ha) et les engrais minéraux 198 000 tonnes (108 kg/ha) (Houben et Plet, 1997). On voit ainsi qu'une meilleure valorisation des déjections animales comme fertilisants, au détriment des engrais minéraux, ouvre des voies pour la réduction de cet excédent. Pour cela, il faut envisager la possibilité de traiter ces déjections pour d'une part, retrouver au niveau des exploitations, ou des territoires, une certaine adéquation entre quantités d'azote et de phosphore et surfaces utilisables pour l'épandage et , d'autre part, améliorer la maîtrise de la qualité des engrais de ferme. Les différentes techniques, disponibles et utilisées actuellement, sont le compostage, le traitement biologique ou physico-chimique des déjections (Coillard, 1997) et les litières bio-maîtrisées (Guiziou *et al.*, 1995).

Ce bref rappel historique est essentiel pour souligner que la situation actuelle de l'élevage breton est le fruit de l'action conjuguée des éleveurs, des entreprises des filières des productions animales, des organisations professionnelles agricoles (Opa), mais aussi des Pouvoirs publics.

Sous la pression d'une société de plus en plus exigeante en termes de qualité du cadre de vie, le corpus réglementaire français concernant, directement ou indirectement, l'élevage s'est enrichi de nouveaux textes dans les années 90 : la directive nitrates (1991), la nouvelle loi sur l'eau (1992), la loi des installations classées pour la protection de l'environnement (1976, modifiée en 1992 et 1994). Un programme d'accompagnement a été élaboré, en 1993, par les Pouvoirs publics et les Opa : le programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole (Pmpoa) ; il doit s'achever en 2001. En plus de ces impératifs réglementaires, l'élevage doit faire face à des impératifs socio-économiques. Dans un contexte de plus en plus concurrentiel et ouvert, la pérennité des entreprises des filières animales impose à celles-ci de préserver leur compétitivité, qu'elle se fasse par les prix ou hors prix (innovations, qualité des produits, service, etc.). La question qui se pose alors aux acteurs locaux de l'élevage est la suivante : « comment et à quelles conditions les filières animales peuvent-elles contribuer à la maîtrise des pollutions d'origine agricole tout en conservant leur dynamisme social et économique ? ».

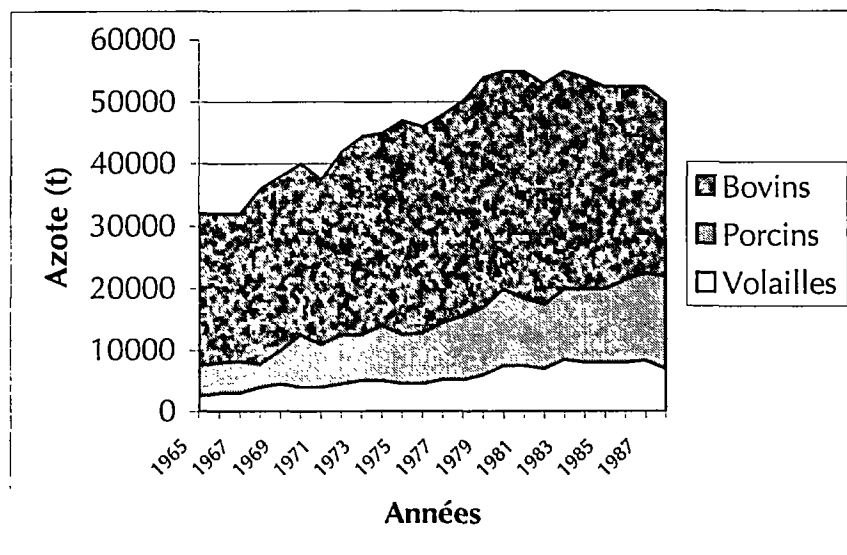


Figure 1. Production d'azote d'origine animale dans le Finistère.

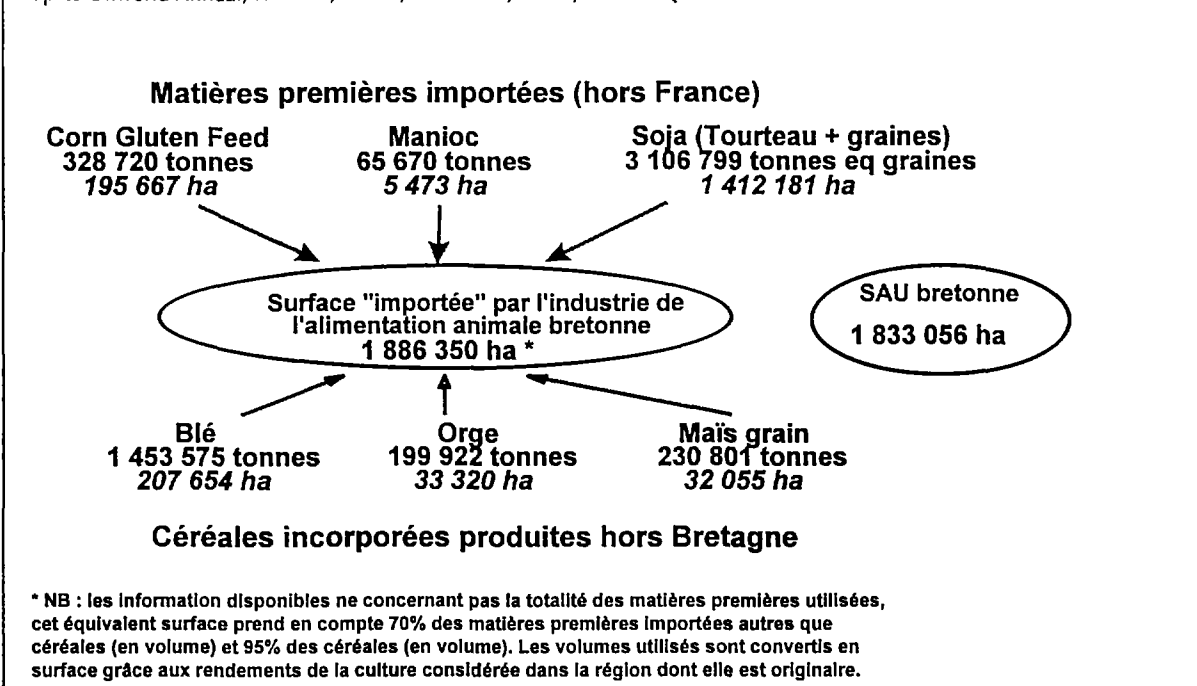


Figure 2. Importation de biomasse alimentaire en Bretagne : les fabricants d'aliments pour bétail en 1995.

Compte tenu de la multiplicité des situations, on ne peut prétendre à répondre explicitement et entièrement à cette question. Néanmoins, il est possible de contribuer à la construction d'une démarche qui puisse conduire à des éléments de réponse. Cette méthodologie, mise en œuvre depuis septembre 1997, est présentée ci-après.

Présentation du cadre conceptuel

L'exploitation agricole : un système d'interface entre des activités humaines et un territoire

Considérons l'exploitation agricole comme un système piloté ouvert (Landais et Deffontaines, 1990). Si l'on se réfère à la théorie du système général (Le Moigne, 1984), on peut décomposer l'exploitation en trois sous-systèmes principaux : les sous-systèmes opérant, décisionnel et de mémorisation (figure 3).

Le sous-système opérant est défini comme l'ensemble des « *phénomènes biologiques infléchis, modulés par les interventions techniques des agriculteurs* », que l'on qualifiera par la suite de biotechniques (Landais et Deffontaines, 1990). Il constitue l'interface directe avec le territoire, notamment à travers le lien au sol et les flux de matières qui le traversent.

Le sous-système décisionnel regroupe l'ensemble des processus mobilisant de l'information en vue de l'action : des règles de décisions et des projets qui sont propres à chaque agriculteur. Le corps de règles de décision correspond à l'élaboration des stratégies de l'agriculteur (Brossier *et al.*, 1990 ; Sébillote et Soler, 1990). Celles-ci s'inscrivent dans la prise en compte du temps et de l'incertitude et fixent des objectifs intermédiaires, nécessaires pour atteindre l'objectif final. Les projets que cherche à réaliser l'agriculteur forment le système de finalités (Brossier *et al.*, 1990) qui présente une certaine stabilité dans le temps. Il permet ainsi d'agir car les règles évoquées précédemment sont susceptibles d'être modifiées afin de s'adapter à une réalité, contemporaine du processus de décision, en constante évolution (Sébillote et Soler, 1990).

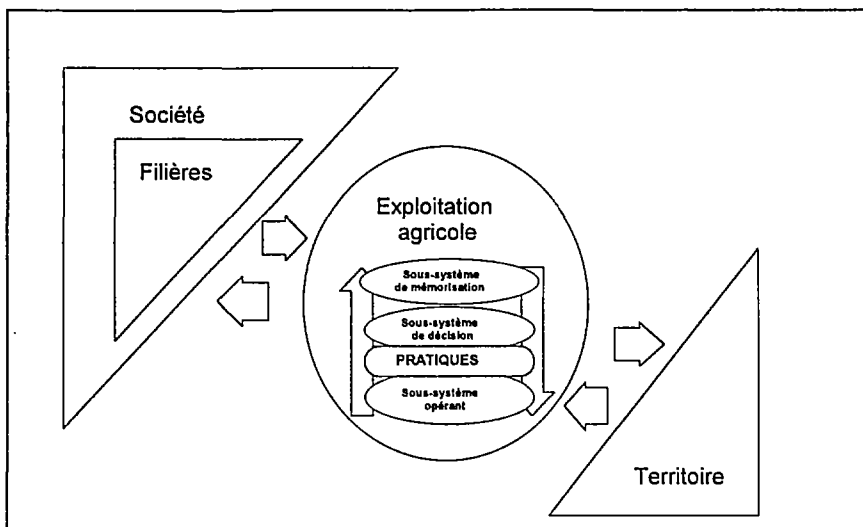


Figure 3. L'exploitation agricole : un système d'interface entre des activités humaines et un territoire.

Le sous-système de mémorisation regroupe, lui, l'ensemble des processus de traitement, transfert et duplication de l'information permettant de constituer des référentiels auxquels le sous-système décisionnel fait appel. Les informations traitées ont des origines diverses : externes ou internes au système, des temps différents issus de l'instant ou de l'histoire. C'est cette mémorisation qui permet la cohérence des décisions de l'agriculteur avec la structure de l'exploitation ; elle est indissociable de processus d'organisation du système (Le Moigne, 1984).

Les pratiques : un concept fécond

La représentation systémique de l'exploitation agricole permet d'en saisir toute la complexité en dépassant les approches sectorielles (élevage, culture, gestion) qui ne rendent pas complètement compte de son niveau de cohérence. De plus, elle souligne la place centrale de l'agriculteur comme pilote du système, et, par là même, elle montre la nécessité de prendre en compte non seulement les manières de faire mais aussi les fins poursuivies qui font la singularité de chaque système d'exploitation. Pour Milleville (cité par Landais et Deffontaines, 1990) ces « *manières concrètes d'agir des agriculteurs* » définissent des pratiques qui sont « *liées à l'opérateur et aux conditions dans lesquelles il exerce son métier (...)* ». Ces pratiques se traduisent par la mise en œuvre d'un certain nombre de techniques, dans le temps et dans l'espace, afin d'atteindre un ou des objectif(s) selon un processus de décision propre à chaque éleveur. Ce processus de décision s'élabore en cohérence avec l'ensemble du système complexe piloté que constitue l'exploitation agricole. Ce concept de pratique s'avère relativement fécond pour la compréhension du fonctionnement de l'exploitation agricole.

Il permet, en effet, d'appréhender la manière dont s'articulent les divers moyens de production dans l'exploitation, notamment les combinaisons entre système d'élevage et système de culture (figure 4). Par exemple, les pratiques d'alimentation obéissent à des déterminants zootechniques (les besoins des animaux), agronomiques (rendement, qualité et disponibilité des ressources alimentaires), économiques (prix des aliments achetés), ou encore sociaux (disponibilité de main-d'œuvre), et doivent répondre à certains objectifs comme la minimisation du temps de travail.

A un autre niveau, les pratiques traduisent d'une certaine manière la façon dont sont intégrées et hiérarchisées différentes échelles de temps et d'espace (figure 5). Leur analyse permet ainsi d'aborder la gestion du temps et de l'incertitude dans l'exploitation. Prenons les pratiques d'alimentation dans une exploitation laitière comme exemple. La composition de la ration est généralement réévaluée à l'occasion de la visite mensuelle du contrôleur laitier, sur la base de ressources fourragères annuelles. Elle sert de référence mais elle est susceptible d'être modulée à l'échelle de la semaine ou de la journée en cas d'insuffisance de stocks fourragers ou si une vache est malade.

Sur un autre plan, l'émergence du problème des pollutions diffuses a élargi l'espace géographique dans lequel s'inscrivent les pratiques en faisant, par exemple, du bassin versant l'échelle spatiale prioritaire, dans certaines exploitations, pour la décision d'assolement (en évitant, entre autre, des parcelles de maïs

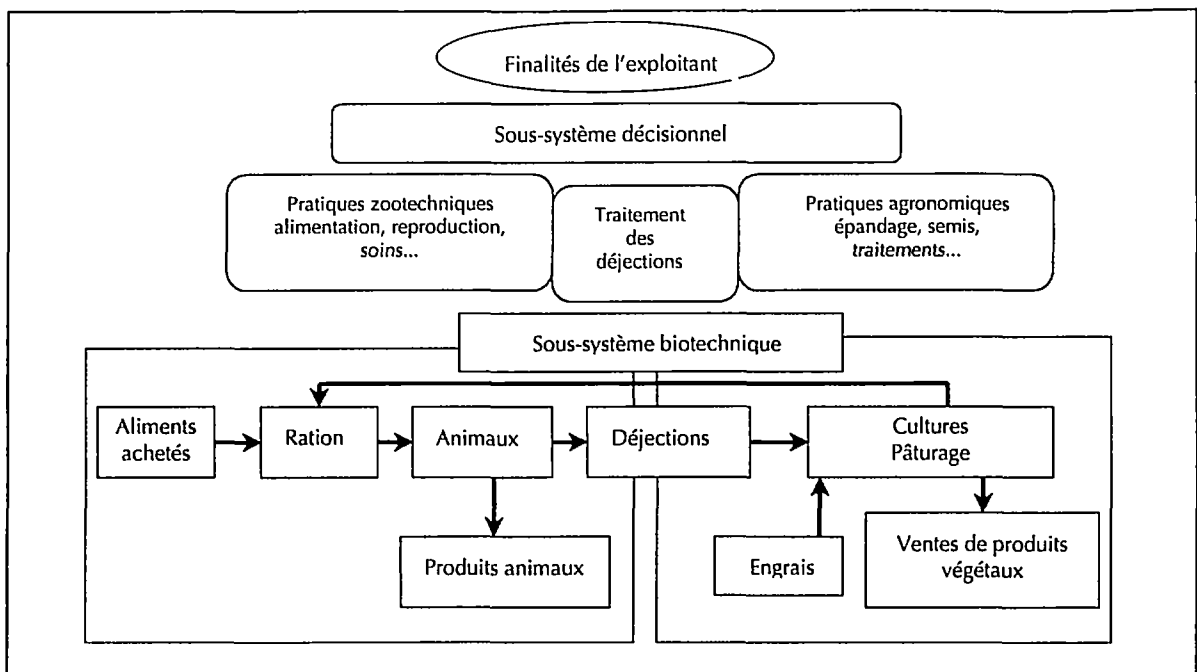


Figure 4. Système de culture et système d'élevage : combinaison dans l'exploitation agricole.

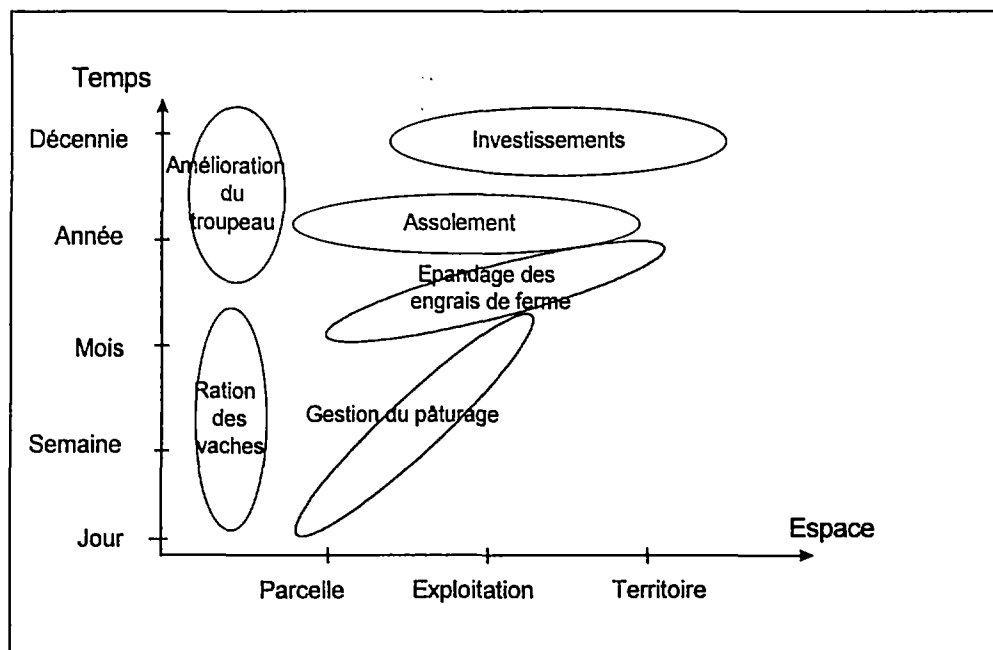


Figure 5. Les pratiques comme intégrateur des différentes échelles de temps et d'espace.

le long des cours d'eau). Cet élargissement de l'espace est parfois accompagné d'une dimension collective ; par exemple une gestion commune des terres d'épandage ou l'achat de matériel spécifique (enfouisseur pour le lisier, retourneur d'andains pour le compostage) dans le cadre d'une Coopérative d'utilisation de matériel agricole (Cuma).

Par ailleurs, l'analyse des pratiques permet d'évaluer les degrés d'autonomie de l'éleveur. En effet, le système « exploitation agricole » étant ouvert, il entretient avec son environnement un certain nombre de relations qui peuvent être contraignantes ou non pour ses choix.

La filière : un cadre pour une analyse de l'environnement de l'exploitation agricole

Comme il vient d'être souligné, les pratiques des agriculteurs sont relatives à un espace et à un temps donnés ; elles sont contingentes de l'environnement de l'exploitation agricole, que celui-ci soit envisagé sous l'angle écologique, sociologique, politique ou économique. Ce dernier est constitué d'espaces économiques originaux, les filières (Valceschini, 1990), dont l'axe structurant est l'élaboration d'un produit, d'un service à qui la société reconnaît une valeur. Les interactions entre les entreprises constituant les filières et l'exploitation agricole sont relativement fortes en raison des nombreux échanges existants, qui se traduisent par des flux de matières (consommations intermédiaires, produits), des flux d'informations et des flux financiers. Les entreprises des filières délimitent ainsi un triple espace technologique, relationnel et stratégique (Lossouarn, 1994) qui définit une partie du champ des possibles dans lequel l'exploitation agricole évolue. Aussi, cette dimension de l'environnement de l'exploitation agricole ne peut pas être ignorée quand on veut en comprendre le fonctionnement.

Les filières sont autant de systèmes ouverts dont les dynamiques de changement intègrent les évolutions de leur environnement. Les processus d'innovation sont une des voies qui permettent ces changements. Leur importance varie selon les filières et ils ne sont pas homogènes au sein d'une même filière où tous les acteurs n'ont pas la même capacité d'innovation (Lossouarn, 1994). L'innovation redessine les frontières des espaces technologiques, relationnels et stratégiques des filières.

Prenons l'exemple des systèmes de traitement des lisiers mis en place dans les exploitations porcines. Leur mise au point s'est faite dans des structures extérieures à l'exploitation. Aussi, leur maîtrise est souvent entre les mains d'opérateurs privés ou coopératifs. Ces innovations technologiques ouvrent, à priori de nouvelles possibilités de développement pour les élevages porcins (dans le contexte réglementaire actuel, elles représentent pour certains élevages le passage obligé pour continuer leurs activités) mais elles renforcent les relations de l'exploitation avec les autres acteurs de la filière. Ainsi, ces innovations technologiques peuvent-elles contribuer à l'élaboration de nouvelles stratégies dans les entreprises, « d'intégration de fait » par exemple, via une plus grande dépendance technologique des élevages (Doussan, 1995).

Il apparaît donc que l'analyse de filière est un complément indispensable pour la compréhension du fonctionnement des systèmes d'exploitation, notamment si l'on s'intéresse aux conditions de changement de ces derniers.

Une démarche de recherche-action

Pourquoi et comment ?

Ce double questionnement - pratique et théorique - conduit à privilégier une démarche de recherche-action car elle donne un cadre épistémologique et méthodologique (Liu, 1992a ; Avenier, 1992) que ne fournissait pas la démarche classique positive d'expérimentation, caractérisée par la dualité sujet-objet, le déterminisme et le réductionnisme. La situation est telle que les activités de recherche perturbent le phénomène observé en y prenant part. Ce phénomène est, en outre, singulier comme nombre de phénomènes sociaux ; il est non répétable car non déterministe. Enfin, il est, par essence, ouvert et ne peut être isolé de son contexte, ni réduit à la somme de ses parties.

Une telle démarche procède en trois phases (Liu, 1992b) : 1) une phase d'initiation durant laquelle les partenariats, l'organisation et les objectifs sont fixés ; 2) une phase de réalisation ; 3) une phase de désengagement qui se traduit par la transmission d'un savoir-faire découlant du processus d'apprentissage permis par la concomitance de la conception et de la réalisation des solutions.

Partenaires et objectifs

Le cadre institutionnel de cette recherche est le programme Bretagne eau pure (Bep) dont le but est la « reconquête de la qualité des eaux en Bretagne ». Il est financé par les collectivités territoriales, l'Etat et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne. Le terrain d'étude a été choisi parmi les bassins versants du programme Bep selon les critères suivants : superficie de l'ordre de 2 000 à 3 000 ha, dynamique collective locale

réelle, informations disponibles, présence équilibrée des ruminants et des monogastriques. Ce dernier point est à relier au type de régime alimentaire et à l'origine, vis-à-vis de l'exploitation d'élevage, des matières premières utilisées, essentiellement indigènes pour les ruminants, allogènes pour les monogastriques. Finalement, le bassin versant du Haut-Gouessant a été retenu (figure 6).

Avant le choix définitif du bassin versant, il importait de recueillir les termes de la problématique locale, l'avis des acteurs locaux de l'élevage (éleveurs, entreprises et organismes consulaires) sur l'intérêt des questions de la recherche et leur accord sur le principe d'une collaboration.

La question posée les praticiens (éleveurs, entreprises) est double : « *quelles sont les conditions pour que les éleveurs modifient leurs pratiques en vue de maîtriser leurs pollutions ? quelle peut être la place des entreprises des filières animales ?* ». Leur intérêt pour le travail exprimé et le principe d'une collaboration accepté, un groupe d'éleveurs, appelés à devenir des partenaires, a été constitué, en collaboration avec l'animatrice du volet agricole du programme Bep mis en place sur le bassin versant. Ces éleveurs ont été choisis, dans un premier temps, sur les critères suivants : diversité des situations, équilibre au niveau du groupe entre ateliers ruminants et monogastriques, volonté de s'engager dans un travail de réflexion et de collaboration avec un chercheur. Après une première série d'entretiens individuels introductifs, le groupe a été formé, comprenant seize exploitations (14 ateliers bovins, 11 ateliers porcs). Il convient de souligner ici que ces éleveurs ne constituent pas un échantillon statistique et qu'ils se caractérisent par une forte capacité de réflexion sur leurs pratiques et leur métier.

Les objectifs finalement assignés à ce travail sont : 1) de proposer une démarche d'identification et de hiérarchisation des déterminants des modifications de pratiques chez les agriculteurs dans une perspective de maîtrise des pollutions, 2) de proposer un outil d'aide à la décision.

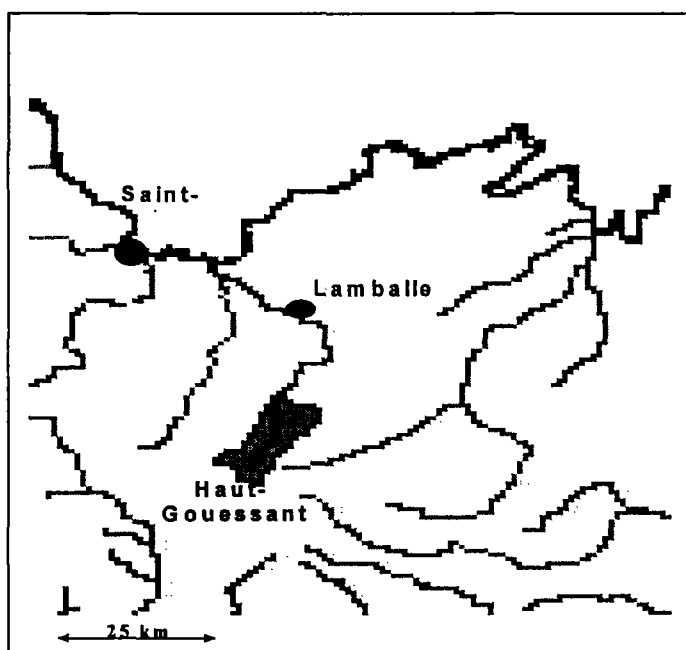


Figure 6. Localisation du bassin versant du Haut-Gouessant.

Modéliser et dialoguer pour identifier et hiérarchiser les conditions du changement

Les pratiques constituent la porte d'entrée, privilégiée ici, pour aborder le problème de la maîtrise des pollutions d'origine agricole. Comme il a été vu précédemment, ces pratiques sont une expression du fonctionnement du système « exploitation agricole » dans ses dimensions biotechniques et décisionnelles. Aussi, vouloir identifier et hiérarchiser les conditions de leur modification dans l'exploitation agricole nécessite deux niveaux d'analyse.

Le premier niveau d'analyse porte sur le sous-système biotechnique comme lieu où s'élabore matériellement la charge polluante à travers des flux d'azote et de phosphore. Ce qui conduit à en construire un modèle dont le principe est celui d'un modèle à compartiments.

Le second porte, lui, sur les déterminants des décisions. Il semble intéressant pour cela de construire un dialogue vivant avec les éleveurs leur permettant d'explicitier un certains nombre d'éléments intervenant dans leurs choix techniques.

Le projet qui anime la construction de ce modèle est de faire émerger une représentation du système « exploitation d'élevage » suffisamment commune au chercheur et aux éleveurs pour leur permettre de dialoguer. Ce modèle doit être adaptable à des situations diverses d'exploitation agricole. C'est la raison pour laquelle une architecture modulaire a été retenue; le modèle de l'exploitation est construit par assemblage des différents modules.

La première étape de la démarche est la définition des modules. Ces modules ont été définis, en concertation avec les éleveurs, comme les éléments unitaires du système biotechnique se révélant pertinents vis-à-vis des pratiques mises en œuvre par l'éleveur et intervenant dans l'élaboration de la charge polluante en azote et phosphore : la ration, l'animal, les engrais de ferme, la parcelle, le système fourrager.

La seconde phase est consacrée à l'identification des pratiques liées aux divers modules. Ce sont elles qui déterminent les facteurs agissant sur le fonctionnement de chaque module ; elles participent à la définition des règles d'assemblage des modules. Pour cela, des observations, alimentées par des discussions avec l'éleveur, sont réalisées au cours de cinq à sept demi-journées passées à la ferme. Par ailleurs, cette analyse des pratiques donne accès aux relations que l'exploitation entretient avec les entreprises des filières auxquelles elle est rattachée.

Parallèlement, à partir d'une approche bibliographique, des notes prises en ferme et de consultations d'experts (chercheurs, ingénieurs, techniciens), les équations qui représentent le fonctionnement des divers modules par rapport à l'azote et au phosphore sont définies. Il faut veiller ici à l'adéquation entre les informations disponibles pratiquement et les informations nécessaires au modèle.

L'aboutissement des ces trois phases est un modèle « représentation pour le chercheur ». Ce modèle est discuté ensuite avec les éleveurs et les experts locaux (agents des organismes consulaires ou techniciens des entreprises) ; puis selon les conclusions de ces discussions, modifié afin d'aboutir à la représentation commune recherchée. C'est sur la base de ce modèle que les simulations doivent être réalisées et leurs résultats discutés. (figure 7).

Le dialogue avec les entreprises des filières permet, en outre, de les mettre en perspective et d'en tirer des enseignements pour l'action.

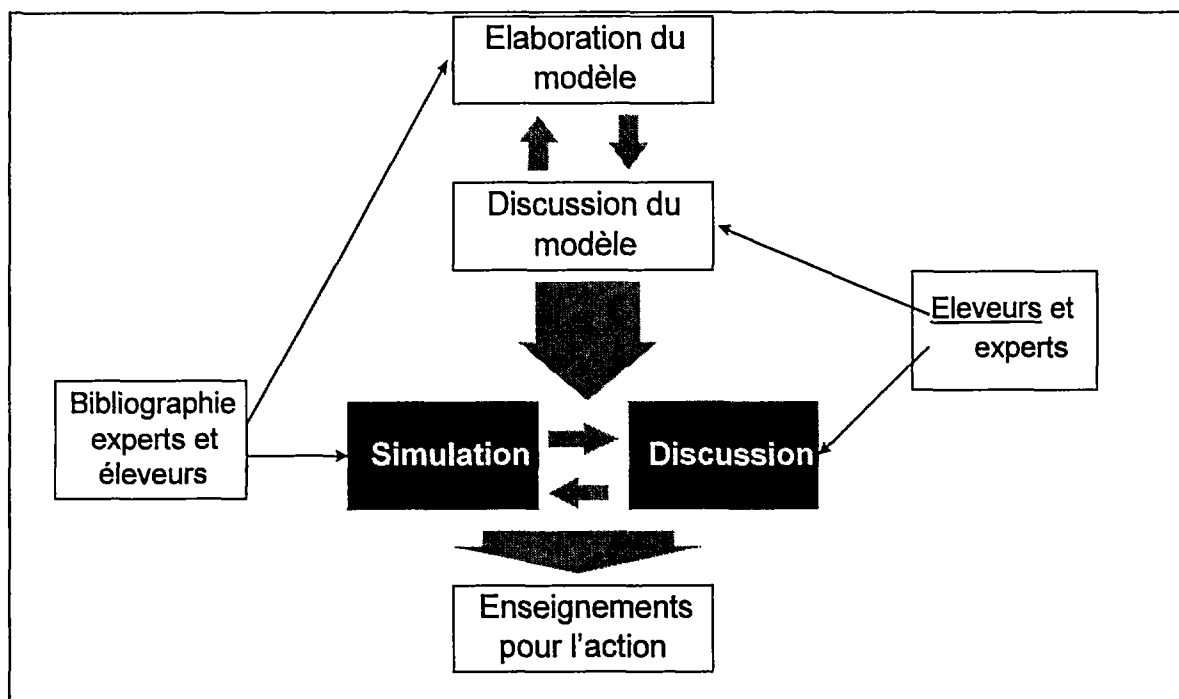


Figure 7. Un modèle comme outil de discussion et d'aide à la décision.

Conclusion

L'intérêt de ce travail par rapports aux travaux menés en Bretagne sur la question des pollutions agricoles est sa volonté de prendre en compte les dimensions techniques et socio-économiques des élevages dans leur contexte réel.

Quant aux résultats quantitatifs stricts, issus des simulations, ils ne peuvent avoir de sens que pour les exploitations du groupe en raison de sa non représentativité statistique. Cependant, les conclusions qui en sont tirées doivent permettre d'ouvrir des voies de changement pour des exploitations ayant des sous-systèmes biotechniques proches.

Ce travail doit également aboutir à la proposition d'un outil (le modèle) avec son mode d'emploi (la démarche de construction et d'utilisation) pouvant évoluer vers un outil d'aide à la décision à usage des experts locaux de l'élevage.

Ce dispositif, relativement lourd, peut s'appuyer sur les groupes professionnels locaux comme media pour l'appropriation par les éleveurs des résultats qu'il peut générer (Darré et al., 1989 ; Darré, 1994), selon une démarche à définir.

Enfin, d'un point de vue pédagogique, ce travail illustre comment la modélisation peut être mobilisée dans les réflexions relatives au changement.

Références bibliographiques

- AVENIER M J., 1992. Recherche-action et épistémologies constructivistes, modélisation systémique et organisations socio-économiques complexes : quelques « boucles étranges » fécondes. *Rev. intern. systémique*, 6 (4) : 403-420.
- BONTRON J.C., 1995. La contribution de l'agriculture à l'emploi dans les zones rurales. *Econ. rurale*, 225 : 15-21.
- BROSSIER J., CHIA E., MARSHALL E., PETIT M., 1990. Recherches en gestion : vers une théorie de la gestion de l'exploitation agricole. *In* Modélisation Systémique et Système agraire, Brossier J. et al., (ed.), France, Paris, INRA, p. 65-92.
- CAPILLON A., 1992. Utilité et spécificité de l'approche de l'environnement par l'agronome. *Cahiers Agricultures*, 1:113-122.
- COILLARD, J., 1997. Procédés de traitement des lisiers de porc étudiés en France. *Ingénieries EAT*, 10 : 17-33.
- COLÉOU J., 1992. Les pollutions dans les bâtiments et à travers le système animal. *C.R. Acad. Agric. Fr*, 78 (7) : 41-56.
- DARRÉ J.P., 1994. Le mouvement des normes avec Bakhtine, et quelques agriculteurs. *In* Pairs et experts dans l'agriculture, TIP, 12 (1) : 15-30.
- DARRÉ J.P., LE GUEN R., LEMERY B., 1989. Changement technique et structure professionnelle locale en agriculture. *Econ. rurale*, 192-193 : 115-122.
- DIRY J.P., 1985. L'industrialisation de l'élevage en France. France, Ophrys, 680 p.
- DOUSSAN I., 1995. Du droit des nuisances et du droit des pollutions ou le droit protecteur de l'agriculture intensive. *Rev. Droit rural*, 234 : 322-326.
- GUIZIOU F., LESGUILLIER F., GOUIN R., ORAIN B., 1995. L'élevage de porcs sur litières biomâîtrisées. Bilan des éléments azotés et minéraux des litières. *J.R.P.*, 27 : 343-350.
- HOUBEN V., PLET P., 1997. Elaboration des programmes d'action de la Directive nitrate en Bretagne - Volume 1, France, Rennes, Chambre d'Agriculture de Bretagne, 34 p.
- LANDAIS E., DEFFONTAINES J.P., 1990. Les pratiques des agriculteurs. Point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. *In* Modélisation Systémique et Système agraire, Brossier J. et al., (eds.), France, Paris, INRA, p. 31-64.

- LE MOIGNE J.L., 1984. La théorie du système général. Théorie de la modélisation. Paris, PUF, 320 p.
- LIU M., 1992a. Vers une épistémologie de la recherche-action. *Rev. intern. systémique*, 6 (4) : 435-454.
- LIU M., 1992b. Présentation de la recherche-action : définition, déroulement et résultats. *Rev. intern. systémique*, 6 (4) : 293-311.
- LOSSOUARN J., 1994. Le concept de filière pour les productions animales et les produits animaux. *Tech. Agric.*, 3228 : 1-8.
- SÉBILLOTTE M., SOLER L.G., 1990. Les processus de décision des agriculteurs. *In* *Modélisation systémique et système agraire*, Brossier J. et al., (ed.), France, Paris, INRA, p. 31-64.
- VALCESCHINI E., 1990. Exploitation, filière et méso-système. *In* *Modélisation systémique et système agraire*, Brossier J. et al., (ed.), France, Paris, INRA, p. 269-282.

Flux de matières et gestion de la fertilité dans les exploitations agricoles en zone cotonnière du Mali

Une approche participative de recherche-action dans deux villages du Mali-Sud

S. KANTÉ*, T. DEFOER**, T. HILHORST***, M. TRAORÉ*, R.L. BERTHÉ*

* Espgrn, Ier, BP 186, Sikasso, Mali

** Kit, Royal Tropical Institut, Mauritskade 63, 1090 HA Amsterdam, Netherlands

*** Iied, Drylands Programme, 4 Hanover Street, Edinburgh EH2 2EN, Scotland

Résumé. Flux de matières et gestion de la fertilité dans les exploitations agricoles en zone cotonnière du Mali. Une approche participative de recherche-action dans deux villages du Mali-Sud. La prise en compte des spécificités socio-économiques des exploitants agricoles dans la recherche de solutions à leurs contraintes a conduit l'Espgrn (Ier, Mali) à développer une approche participative de recherche-action fondée sur des outils visuels. A l'aide de ces outils, les paysans ont pu classer les exploitations agricoles de leur village en trois principales classes de gestion de la fertilité (bonne, moyenne et faible). Ce classement intègre les éléments structurels de l'exploitation (actifs, cheptel, charrette etc.), ainsi que les éléments de gestion comme les quantités de fumure organique et minérale utilisées, l'adoption de mesures anti-érosives etc. Les stratégies paysannes sont intimement liées aux caractéristiques structurelles des exploitations. Les exploitants, propriétaires de bovins produisent leur fumure organique à partir des parcs tandis que les agriculteurs avec peu ou sans tête de bétail fabriquent du compost ou valorisent les ordures ménagères. L'utilisation d'outils comme la carte de planification incite les paysans à mettre en œuvre des actions d'amélioration telles que l'installation de compostières près des champs, le recyclage des résidus sous forme de litière dans les parcs ou comme fourrage pour les animaux. Ainsi sur une période de deux à trois ans, les paysans suivis dans les villages de Noyaradougou et de Gongasso ont creusé des compostières à proximité des champs, ont aménagé des courbes de niveau sur les parcelles soumises à l'érosion hydrique. Bien que considérés comme de « bons gestionnaires de la fertilité » les exploitants de la classe I (« bonne fertilité ») épuisent davantage le sol (principalement potassium) du fait de leurs exportations élevées et du faible recyclage des résidus de récolte. La réduction du déficit potassique à moindre coût passe nécessairement par un plus grand recyclage des résidus comme fourrage, litière ou compost.

Introduction

Dans les zones de Koutiala et Sikasso, 80 % des terres sont cultivées de façon permanente. Les apports de fumure organique et minérale sont actuellement insuffisants par rapport aux exportations et un déficit en éléments nutritifs est généralement constaté (Van der Pol, 1992 ; Traoré, 1993). L'impact de la recherche reste limité en raison de recommandations trop générales (Kanté et al., 1993), malgré la multitude de techniques et de méthodes mises au point pour l'amélioration de la fertilité des sols. Le maintien voire l'amélioration de la fertilité des sols par les paysans passent nécessairement par la prise en

compte par les chercheurs et vulgarisateurs des particularités agro-pédologiques et socio-économiques des exploitations agricoles. C'est dans ce cadre que l'Espgrn (Equipe système de production et gestion des ressources naturelles), suite au problème de la baisse de fertilité évoquée par les paysans (Crra-Sikasso, 1995), s'est engagée dans l'élaboration d'une approche méthodologique participative de recherche-action. L'approche a pour objectif général d'améliorer la gestion de la fertilité des sols, afin d'assurer la durabilité des systèmes de production. Les objectifs spécifiques de cette recherche-action sont de développer une approche participative de gestion de la fertilité des sols permettant aux paysans et à l'encadrement :

- d'identifier les variables clefs, d'appréhender l'état actuel et d'analyser les contraintes de la gestion de fertilité des sols à l'échelle du village et de l'exploitation ;
- de raisonner et planifier les actions à mener en matière de gestion de fertilité des sols en tenant compte des caractéristiques structurelles des exploitations ;
- de suivre et évaluer ces actions à long terme (« indicateurs de durabilité »).

Les diagnostics réalisés par l'Espgrn en 1994 à Noyaradougou et 1995 à Gongasso ont permis d'identifier les principaux critères des paysans pour apprécier la qualité de la gestion de la fertilité des sols. A partir de ces critères, trois principales classes de gestion ont été distinguées par les paysans (Defoer *et al.*, 1995). Il s'agit des classes I (bonne gestion), II (gestion moyenne) et III (gestion faible).

La méthodologie de recherche-action développée est présentée ici de façon synthétique. Les résultats obtenus avec deux groupes de producteurs sont ensuite discutés en précisant les résultats obtenus au cours des années 1995-1997 dans le village de Gongasso et les résultats de Noyaradougou relatifs aux compostières, au labour sur courbe de niveau et au bilan minéral NPK (campagnes 1994-1996).

Méthodologie

Contexte et choix des villages

La méthode ou approche de « conseil pour la gestion de la fertilité » est généralement mise en œuvre à la suite d'un constat de baisse de la fertilité, relevé lors d'un diagnostic exploratoire ou évoqué lors de réunions villageoises.

Pour mettre au point cette méthode d'intervention, l'Espgrn s'est adressée à la Cmdt (Compagnie malienne pour le développement des textiles) pour le choix d'un village situé non loin de Sikasso et répondant aux critères suivants :

- acuité du problème de baisse de la fertilité dans le village ;
- village représentatif (pour le transfert des résultats) ;
- volonté des populations d'améliorer la fertilité de leurs sols ;
- accessibilité du village en toute période.

Ainsi, en 1994, le village de Noyaradougou situé à 28 Km au nord-ouest de Sikasso a été proposé par la Cmdt. Le village de Gongasso situé à 30 Km au nord de Sikasso a été choisi en 1995 sur proposition des utilisateurs des résultats de recherche. Ces derniers, après avoir constaté une baisse de fertilité lors de leur formation aux méthodes accélérées de recherche participative ont exigé, dans leur plate-forme, l'approfondissement du diagnostic par l'Espgrn et l'application à Gongasso de l'approche en cours d'exécution à Noyaradougou.

Approche

L'approche méthodologique (figure 1) comprend 4 principales phases (Defoer *et al.*, 1995, Kanté *et al.*, 1997a). Le diagnostic-analyse (phase 1) comprend 5 étapes. Il s'agit (1) d'une réunion d'introduction au village, (2) du diagnostic-analyse à l'échelle du terroir villageois, (3) de la caractérisation de la diversité des modes de gestion de fertilité de l'ensemble des exploitations, (4) de la classification des exploitations et enfin (5) de la restitution des résultats du diagnostic.

La planification des actions (phase 2) commence par des ateliers de formation, suivis de visites inter-paysannes et d'élaboration des cartes de planification réalisées avec les hommes et les femmes.

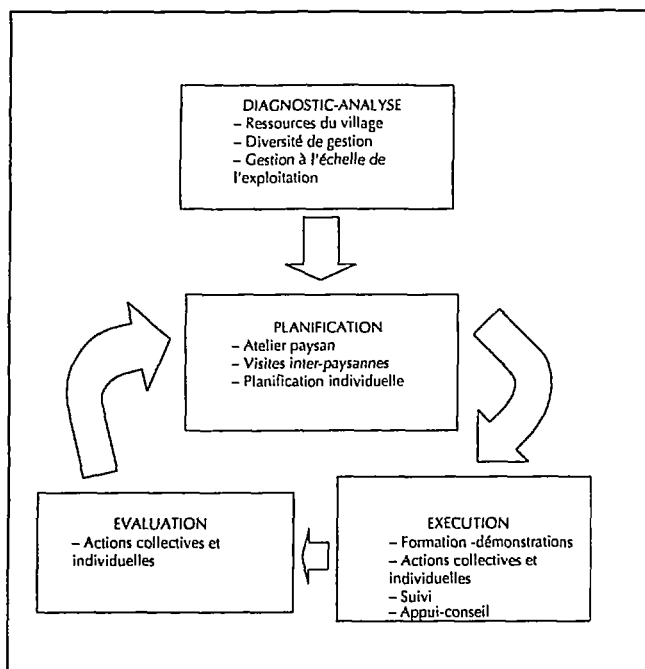


Figure 1. Principales phases de l'approche méthodologique.

L'appui à la mise en place des actions collectives et individuelles (phase 3) est ciblé par classe d'exploitation et concerne le stockage et l'utilisation des résidus de récolte comme litière et comme fourrage, les cultures fourragères, la préparation de la fumure organique (compost, fumier, ordures), les travaux de lutte anti-érosive et l'amélioration des jachères par des légumineuses herbacées et ligneuses.

Le suivi-évaluation (phase 4) concerne la réalisation des actions programmées et l'adoption de techniques.

L'approche s'appuie principalement sur des outils participatifs et visuels comme les cartes (figure 2). Les données collectées sur les cartes sont utilisées pour alimenter la base de données.

Base de données

L'étude est exécutée dans les villages de Noyaradougou et de Gongasso où respectivement 20 et 13 exploitations sont suivies. La collecte des données a été faite lors des interviews à l'aide de fiches pré-établies.

Données générales sur l'exploitation

Les données concernant le nom du chef d'exploitation, le nombre d'actifs (femmes et hommes), l'équipement, le nombre de compostières, de parcs améliorés, de fosses fumières, de tas d'ordure) sont collectées sur des fiches à l'aide de guide d'entretien.

Données sur les animaux

Il s'agit du nombre de bovins, de petits ruminants, d'ovins, d'équins, d'asins, de volailles et de sacs d'aliment bétail ou de tourteau utilisés pour la complémentation des animaux.

Données sur la parcelle

Toutes les données sur le type de terre, la superficie des parcelles, les rotations, le pourcentage et/ou la quantité de résidus recyclés par culture (comme litière, fourrage, compost), les quantités de fumure organique et minérale utilisées par culture et par parcelle sont collectées. A ces paramètres, il faut ajouter la production et le rendement par culture pour chaque parcelle de l'exploitation.

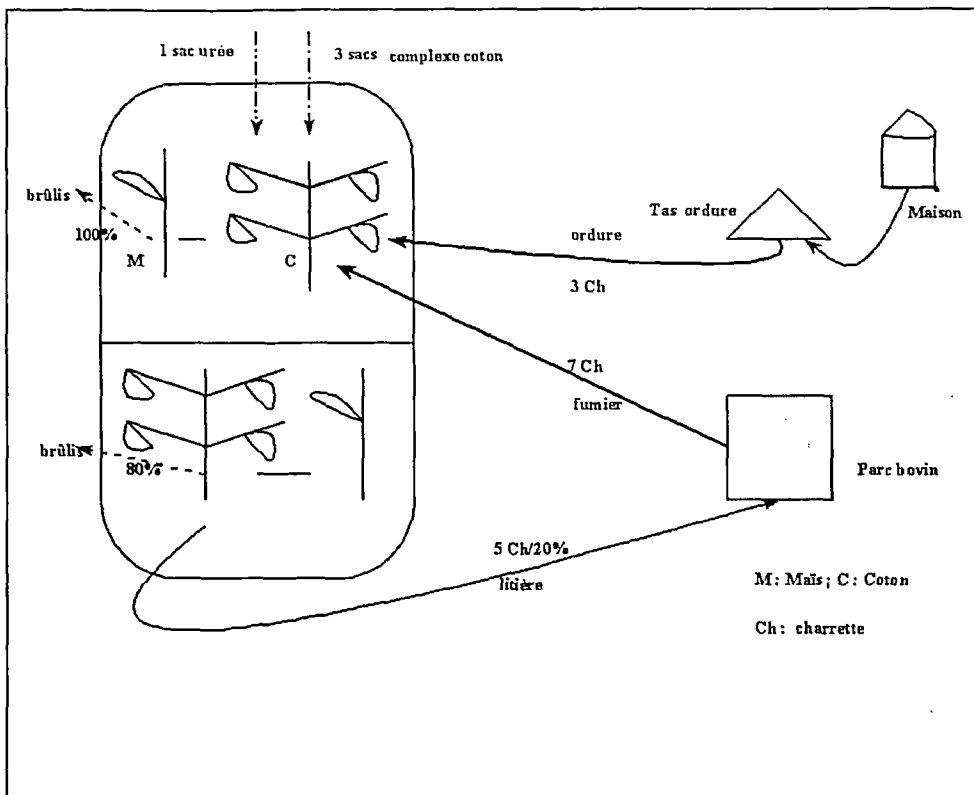


Figure 2a. Carte de base du diagnostic.

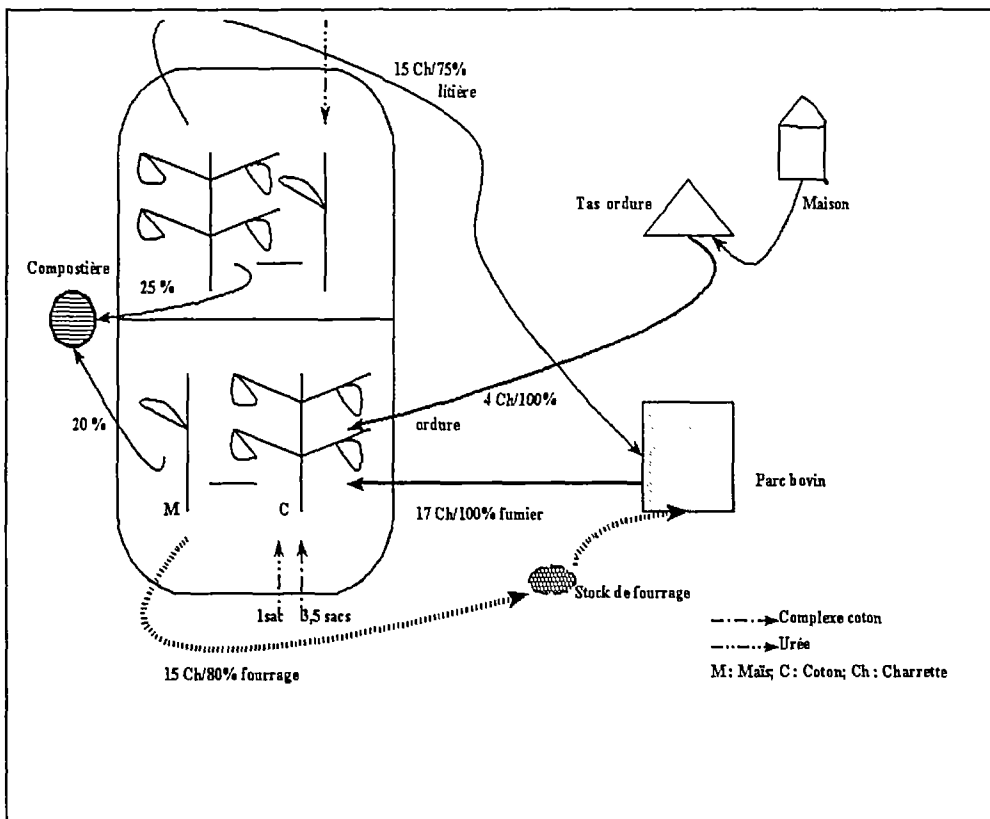


Figure 2b. Carte de planification.

Analyses

Les quantités relatives de résidus brûlés et recyclés, de fumure organique produite et utilisée, de fumure minérale utilisée, ont été analysées par classe et par an. La base a été aussi utilisée pour élaborer un bilan partiel simplifié des éléments NPK du système coton-maïs par classe de gestion pour la période 1994-1996 à Noyaradougou.

L'analyse des données au fil des ans permet, non seulement de cerner les potentialités et les insuffisances des différentes classes, mais également de mieux conseiller les différents groupes d'exploitations.

Résultats

Caractéristiques structurelles des classes

Les différentes classes de gestion de la fertilité se distinguent par les paramètres structurels fournis dans le tableau I.

Le pourcentage de paysans de Gongasso possédant une charrette est de 94 %, 56 % et 27 % respectivement pour les classes I, II et III. En plus de ces paramètres structurels, les paysans de la classe I utilisent d'importantes quantités de fumure organique et minérale. Toutefois ces volumes de fumure ne sont presque jamais rapportés à l'unité de surface lors du classement.

Tableau I. Valeur de quelques paramètres par classe (Gongasso 1995-1997).

Paramètres	Classe I	Classe II	Classe III
	Bonne gestion	Gestion moyenne	Mauvaise gestion
Nombre moyen d'actifs	10	7	3
Nombre moyen de bovins	10	1	0.1
Nombre moyen d'ovins/caprins	7	4	2
Superficie moyenne de coton	5,6	2	0,78
Superficie moyenne de maïs	5	2	0,67
Superficie cultivée en moyenne	12	5	2
Superficie cultivée par actif	1,2	0,7	0,66

Compostières

On note une légère augmentation du nombre de compostières. Le nombre total de compostières (au champ et au village) est passé de 9 en 1995 à 15 en 1997 à Gongasso et de 8 en 1994 à 40 en 1997 à Noyaradougou. A Noyaradougou, plus 70 % des exploitations suivies ont creusé des compostières près des champs (figure 3) contre seulement 23 % à Gongasso en 2 ou 3 ans. Cette différence est en partie due à une plus grande disponibilité des jachères à Gongasso, mais aussi et surtout au fait que dans ce village, les paysans disposent de sources de revenus extra agricoles comme la vente du bois et le petit commerce. En effet, ce village est traversé par la principale voie reliant la Côte d'Ivoire au Mali.

Gestion des résidus

Il s'agit là uniquement des données collectées en 1996 à Gongasso. De l'analyse de ces données, on constate que moins de 25 % des résidus de récoltes sont transportés et recyclés comme litière, fourrage et compost quelle que soit la classe. Les 75 % de résidus restant aux champs sont pâturés par les animaux, brûlés et en partie consommés par les termites. L'augmentation de la récolte et du stockage des résidus peut permettre non seulement de mieux nourrir les animaux, mais aussi de produire davantage de fumure organique.

Des trois classes, la classe II est celle qui recycle la plus grande quantité de résidus de récolte : 24 % du total produit dont 21 % par le biais du compostage. La classe III brûle la plus grande quantité de résidus soit 37 % de la production totale contre 7 % pour la classe I (figure 4).

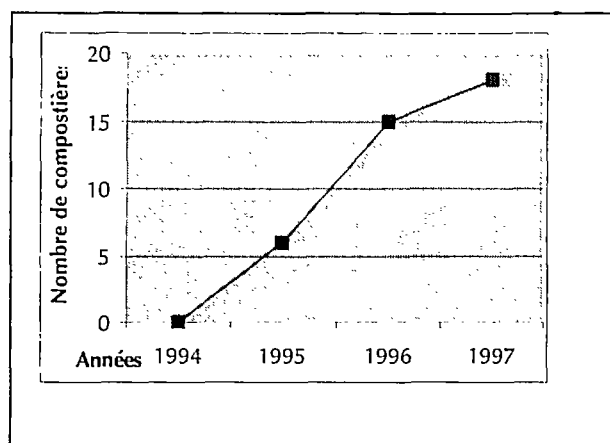


Figure 3. Evolution du nombre de compostières au champ dans les 20 exploitations suivies à Noyaradougou.

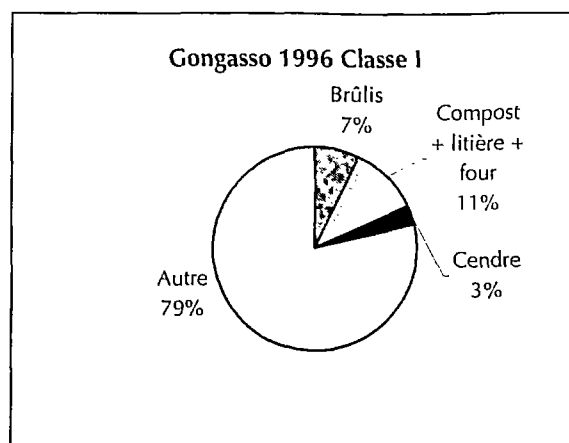


Figure 4a. Gestion des résidus par la classe I à Gongasso.

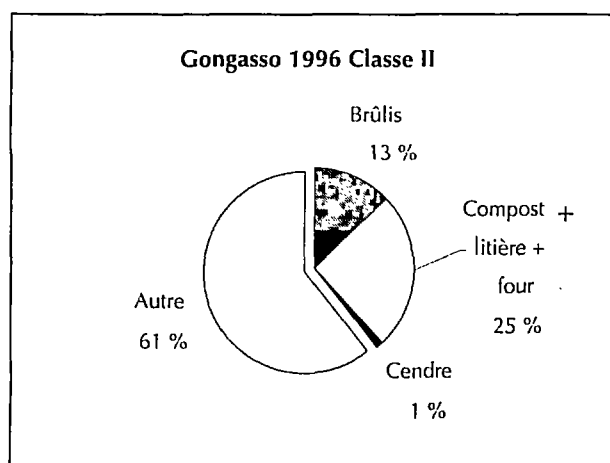


Figure 4b. Gestion des résidus par la classe II à Gongasso.

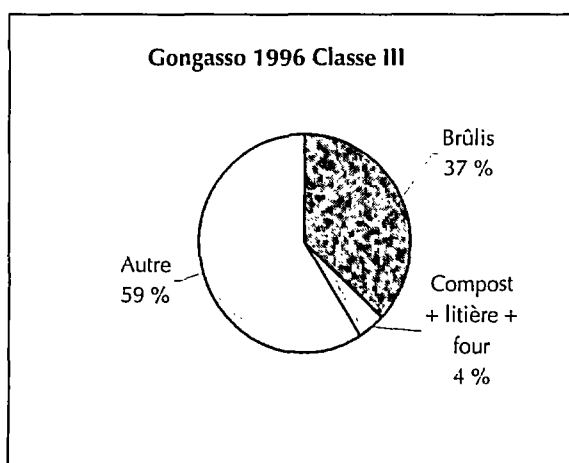


Figure 4c. Gestion des résidus par la classe III à Gongasso.

Stratégies de production de fumure et de fertilisation

Entre 1995-1997, la classe I a produit en moyenne 8,5 t de fumure organique sèche contre 4,5 t pour la classe II et 0,5 t pour la classe III à Gongasso. La classe I obtient 56 % de sa fumure à partir des bovins, tandis que les classes II et III utilisent le compost (59 %) et les ordures ménagères (46 %).

Les classes I, II et III produisent respectivement 4 800 kg, 800 kg et 63 kg de fumure animale. Les stratégies des différentes classes sont en grande partie liées à leurs spécificités structurelles. Le constat général est qu'indépendamment de la classe, la capacité de production du fumier par le troupeau paysan est sous exploitée. En effet, la production annuelle du fumier par bovin à Gongasso est inférieure à 500 kg quelle que soit la classe. Or, un bovin de 250 kg, dans les conditions de la zone (1 000 mm de pluie) peut produire au moins 900 kg de fumier par an à condition d'apporter 750 kg et 120 kg de litière respectivement en hivernage et en saison sèche (Bosma *et al.*, 1996).

La fumure organique tout type confondu est utilisée uniquement sur le coton et le maïs. Les doses à l'ha (quantité totale de fumure organique/superficie totale de la culture) varient de 780 à 1 750 kg et de 55 kg sur le coton à 156 kg le maïs. La dose moyenne pour le village de Gongasso étant de 1 420 kg/ha pour le coton et 130 kg/ha pour le maïs. On note que de plus en plus les paysans favorisent la fumure organique du cotonnier au détriment du maïs.

Les classes II et III utilisent davantage d'engrais minéraux par ha de coton et de maïs que la classe I. La classe III recherchant l'autosuffisance alimentaire et n'ayant pas assez de fumure organique utilise deux fois plus d'engrais minéraux à l'ha de maïs que les deux autres classes sans toutefois atteindre les normes vulgarisées. Les doses moyennes d'urée sur maïs sont de 35 kg/ha pour la classe I, 43 kg/ha pour la classe II et 91 kg/ha pour la classe III. En complexe céréale sur maïs, la classe III utilise 81 kg/ha contre 47 kg/ha pour la classe II et 43 kg/ha pour la classe I (tableau II).

Tableau II. Doses de fumure à l'ha par classe à Gongasso (1995-1997).

Paramètres	Classe I	Classe II	Classe III
Urée sur coton	54	82	90
Complexe coton (NPKSB) sur coton	109	132	116
Urée sur maïs	35	43	91
Complexe céréale (NPK) sur maïs	42	47	81
Fumure organique sur coton	1379	1793	780
Fumure organique sur maïs	156	0	91

Lutte anti-érosive

La réduction des pertes d'éléments nutritifs et de terre sur les parcelles en position de pente nécessite la mise en œuvre de certaines mesures de lutte anti-érosive. Ainsi, de 1995 à 1997, 21,5 ha dans 12 exploitations de Noyaradougou ont été aménagés en courbe de niveau avec les paysans et à leur demande. Ce travail est réalisé dans le cadre de la collaboration Espgrn/Icrisat-Cirad.

Rendements par classe à Gongasso

Les rendements de coton sont de 1 540 kg/ha pour la classe I, 1 186 kg/ha pour la classe II et 1 348 kg/ha pour la classe III. Les rendements de maïs sont de 1 187 kg/ha pour la classe I, 1 081 kg/ha pour la classe II et de 1 372 kg/ha pour la classe III. Ces différences de rendement entre les classes peuvent être liées aux objectifs de production et à la disponibilité des ressources (actifs, équipement, etc.) des différentes classes. Ainsi, atteindre l'autosuffisance alimentaire est l'objectif prioritaire des exploitations de la classe III, tandis que les classes I et II visent à commercialiser le coton et même une partie de leurs céréales. On note que la surface cultivée par actif est beaucoup plus importante pour les exploitations de la classe I (1,2 ha) contre 0,7 et 0,66 ha pour les classes II et III.

Bilan NPK du système coton-maïs

Le bilan minéral (NPK) du système de culture maïs-cotonnier a été établi pour chaque classe d'exploitation. Il en ressort que toutes les classes sont déficitaires en potassium. Ce déficit est plus prononcé dans la classe I et diminue progressivement vers la classe III. La classe I présente également un déficit phosphorique. En effet, la classe I, du fait de rendements moyens ou élevés (1 837 kg/ha de coton graine et 2 060 kg/ha de maïs) exporte davantage d'éléments que les classes II et III qui produisent respectivement 1 412 kg/ha et 1 494 kg/ha de coton graine et 1 718 kg/ha et 1 253 kg/ha de maïs. Or la classe I comme les deux autres recycle moins de 25 % du total de ses résidus de récolte. Ainsi, la classe I, bien qu'utilisant des quantités totales plus importantes de fumure, en raison de sa gestion actuelle, épuise davantage les sols que les deux autres classes (figure 5). Pour réduire le déficit potassique, les différentes classes doivent recycler de plus grandes quantités de résidus de récolte car 60 % à 80 % des exportations de cet élément sont localisés dans les résidus (Kanté *et al.*, 1997b). Les 2/3 du phosphore exporté se trouvent dans les graines qui généralement ne retournent pas au champ. La classe I à Noyaradougou produit à l'ha plus de coton et de maïs que les deux autres classes et par conséquent exporte plus de phosphore. Pour améliorer leur bilan phosphorique, les paysans de la classe I doivent utiliser des engrais complexes contenant du phosphore et d'autres sources de phosphore comme le phosphate naturel de Tilemsi.

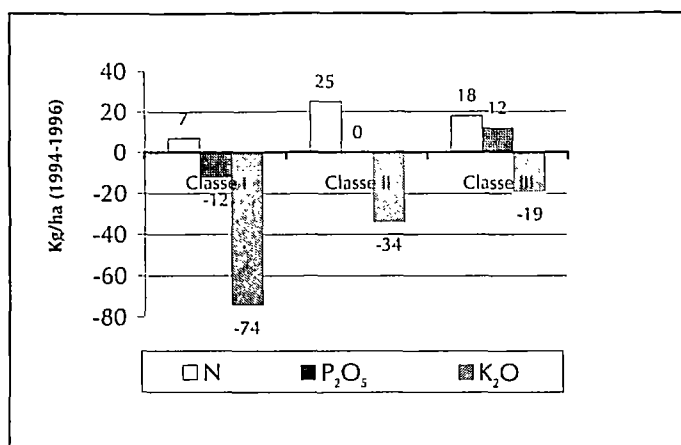


Figure 5. Bilan partiel des éléments NPK par classe de gestion du système coton-maïs à Noyaradougou. (campagnes 1994-1996).

Cette approche permet de sensibiliser les paysans à la planification et à la mise en place d'actions pour l'amélioration de la fertilité. Ainsi 25 % à 70 % des paysans suivis dans les 2 villages ont creusé des compostières près des champs afin de recycler davantage de résidus. Les brûlis de résidus à Gongasso ont régressé depuis le démarrage de cette opération de recherche-action. Des mesures de lutte anti-érosive sont désormais engagées à l'initiative des paysans. Ainsi, plus de 20 ha de parcelles présentant des problèmes d'érosion hydrique ont été aménagés en courbes de niveau à Noyaradougou.

La capacité de production de fumier par le troupeau bovin est encore sous-exploitée par les paysans quelle que soit la classe de gestion à laquelle ils appartiennent.

Les pratiques de la classe I, bien que caractérisées comme « bonnes » par les paysans et malgré de grandes capacités d'intervention (actifs, bétail, équipement, fumure utilisée) épuisent plus fortement le sol que les pratiques des classes II et III.

Compte tenu du bilan négatif généralisé en potassium et du fait que 60 à 80 % des exportations de cet élément se trouvent dans les résidus de récolte, la réduction du déficit potassique à moindre coût passe nécessairement par un plus grand recyclage de ces résidus comme fourrage, litière ou compost. La classe I doit également s'orienter vers des fumures à base de phosphore.

Dans l'avenir, il sera intéressant de prendre en compte dans cette méthode de diagnostic-conseil, la diversité des types de sol des exploitations et les terroirs ainsi que les stratégies paysannes d'apport de fumure organique. Des enquêtes approfondies suivies d'analyses de sols seront faites pour mieux cerner les différences entre la partie fortement fertilisée et le reste de la parcelle.

La carte d'exploitation a été appréciée comme un bon outil d'animation par l'organisme de développement. Des séances de travail auront lieu avec les encadreurs-formateurs afin de faciliter la vulgarisation de l'approche.

Bibliographie

- BOSMA R., BENGALY K., TRAORÉ M., ROELEVELD L., 1996. L'élevage en voie d'intensification : synthèse de la recherche sur les ruminants dans les exploitations agricoles mixtes au Mali-Sud.
- CRRA, 1995. Thèmes de recherche sollicités par la commission des utilisateurs des résultats de recherche de Sikasso. CRRA, Sikasso, Mali.
- DEFOER T., KANTÉ S., HILHORST T., DIARRA S., BAGAYOKO S., BENGALY, M'PIÈ., TRAORÉ M., 1995. Vers une approche « Gestion de la fertilité des sols ». Document n° 95/07, ESPGRN, Sikasso, Mali.
- KANTÉ S., DEFOER T., BENGALY A., 1993. Description et utilisation des toposéquences. Rapport d'étape. DRSPR/IER, Mali.
- KANTÉ S., DEFOER T., HILHORST T., 1997a. Note méthodologique : améliorer la gestion de la fertilité des sols : approche participative de recherche-action.

KANTÉ S., SANOGO Z.J.L., DEMBELE I., KONÉ D., KATER L., 1997b. Gestion de la fertilité des sols. Qui mine le plus : le petit ou le grand ? Communication atelier IIED, Niono, Mali.

Van der POL, 1992. Soil mining: An unseen contribution to farm income in southern Mali; Bulletin Kit n° 325. KIT, Amsterdam, Pays-Bas.

TRAORÉ B., 1993. Bilan de la fertilité des sols en zone cotonnière au Mali. Communication atelier RESPAO. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

La gestion de la fertilité des sols en Afrique

Présentation d'un guide pratique pour l'apprentissage participatif et la recherche-action¹

T. DEFOER, A. BUDELMAN, C. TOULMIN, S. CARTER, J. TICHELER

Kit, Mautriskade 63, 1092 AD Amsterdam, Pays-Bas

Résumé. La gestion de la fertilité des sols en Afrique. Présentation d'un guide pratique pour l'apprentissage participatif et la recherche-action. Ce guide a été développé pour tous ceux qui travaillent en milieu paysan, que ce soit dans la recherche ou la vulgarisation agricole, afin d'assister les paysans dans un processus d'apprentissage et d'action. L'objectif de ce guide est de mettre au point des méthodes pratiques pour aider les paysans dans leur ambition de mieux gérer la fertilité des sols. Par conséquent, l'étude du fonctionnement des systèmes de production et des cadres simples d'analyse des flux de ressources ont retenu amplement l'attention des auteurs de ce guide. Cependant, ce guide offre plus qu'un simple cadre analytique des systèmes de production, il fournit également des procédures et des outils pour créer et mettre en place un processus d'apprentissage participatif et de recherche-action. De plus, ce guide présente des méthodes pratiques de gestion de l'information et de données obtenues dans ce cadre. L'ouvrage est le fruit d'une longue recherche-action de terrain menée dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest et de l'Est.

Le contenu du guide

Le guide est subdivisé en 5 parties.

La première partie présente la théorie et les cadres d'analyse des exploitations paysannes en termes de flux de ressources et de nutriments. Elle traite également de la diversité du milieu paysan et des différentes échelles d'analyse. Le cadre et la théorie de l'analyse des flux de ressources et de nutriments sont abordés afin que l'utilisateur du guide puisse calculer des bilans de nutriments dont les bilans minéraux. Cette partie étudie aussi l'expérimentation en milieu paysan et le processus d'apprentissage participatif et de la recherche-action.

La deuxième partie du guide envisage l'étude de diverses situations en termes agro-écologiques et socio-économiques. Les études de cas présentées montrent comment l'analyse des flux de nutriments peut aider à mieux comprendre des situations spécifiques et les divers modes de planification et d'expérimentation paysannes. Cette partie illustre comment les bilans minéraux et organiques traités dans la première partie, peuvent avoir une utilité pratique.

1. Paru sous le titre « Soil fertility management in Africa ». Resource guide for participatory learning and action research. KIT,-IIED-TSBF, Amsterdam-London-Nairobi, 1998. Disponible au KIT, Mautriskade 63, 1092 AD Amsterdam, Pays-Bas

La troisième partie comprend une série de cartes et de questionnaires pouvant être utilisés par les équipes de recherche de terrain ou les équipes de vulgarisation dans un processus d'apprentissage et d'action avec les paysans. Ces cartes et questionnaires constituent des outils pratiques pour aborder et exécuter un travail de terrain sur l'analyse et l'amélioration de la gestion de la fertilité des sols.

La quatrième partie présente un logiciel développé pour la gestion des données obtenues à partir des cartes de flux dessinées par les paysans. Le logiciel est adapté aux simples PC portables, ce qui permet de réaliser facilement sur place des analyses quantitatives et de présenter les résultats sous forme de flux et de bilans de ressources et de nutriments au niveau de l'exploitation.

La cinquième partie contient une liste de chercheurs et d'agents de développement, qui réalisent ce type de travail dans différentes régions du monde. Ces personnes sont à considérer comme des personnes ressources susceptibles d'aider à la mise au point de méthodologies de recherche et de fournir des informations pertinentes. La gestion de réseaux et l'échange d'informations est un objectif explicite des auteurs de ce guide. La cinquième partie comprend aussi un important glossaire de termes utilisés dans le texte ainsi qu'une bibliographie.

Ce guide ne prétend pas expliquer tous les processus impliqués dans la fertilité des sols et la gestion des nutriments. Il fournit avant tout une méthode et des outils d'analyse et d'intervention pour améliorer le dialogue avec les paysans et donc les interventions de recherche et de développement dans le domaine de la gestion de la fertilité des sols.

Les travaux menés en Ethiopie, au Zimbabwe et au Mali Central ont fait partie du projet « Cycles des nutriments dans les systèmes de production en Afrique du Sahel », et étaient coordonnés par l'Ined. Au Mali-Sud, le travail de terrain a été exécuté par l'Espgrn-ler de Sikasso avec l'assistance technique du Kit et financé par le Gouvernement des Pays-Bas (Direction générale de la Coopération au développement). Au Kenya, en Zambie et en Tanzanie, le travail a été exécuté sous les auspices du Tsbfi. Au Kenya de l'Ouest, il a été réalisé dans le cadre de l'assistance technique fournie par le Kit et sous l'égide du projet « Soil replenishment et re-capitalisation » assisté par l'Icraf, Kefri (Kenyan Agricultural Research Institut).

Le cadre conceptuel

Intensification des systèmes de production et gestion de la fertilité des sols

Il est tout à fait justifié d'analyser les pratiques des producteurs africains dans l'utilisation durable de la terre. En premier lieu, parce que la chute des rendements est, pour l'exploitant la préoccupation essentielle. Ensuite, cette baisse de rendement se manifeste au moment où les limites de l'extension des superficies sont atteintes, alors que les rendements devraient augmenter pour satisfaire la demande d'une population en forte croissance. Pour satisfaire les besoins des populations, l'intensification de la production agricole semble être la seule stratégie valable, mais des contraintes sévères s'opposent à cette solution : la plupart des sols de l'Afrique subsaharienne souffrent d'une faible fertilité liée à leur composition géologique initiale et exacerbée par le lessivage et l'érosion. Si l'on considère les nutriments du sol comme un capital intrinsèque de l'exploitation, les paysans africains en sont malheureusement peu pourvus comparés à leurs homologues d'autres continents.

En même temps, on constate que pour des raisons économiques et techniques, la simple application d'engrais minéraux ne peut être l'unique solution à la pauvreté en nutriments des sols. Dans de nombreuses régions rurales, les marchés de produits et intrants agricoles sont faiblement développés. Dans les régions où l'agriculture de subsistance prédomine, sans culture de rente, moteur de développement, les situations sont très précaires. Bien que les marchés puissent se développer dans l'avenir du fait de la croissance rapide des populations urbaines, il est nécessaire de chercher des solutions adaptées aux conditions socio-économiques actuelles.

D'un point de vue technique, l'utilisation des engrais minéraux pose un problème dans le cas où les réserves en éléments nutritifs sont limitées. L'application continue d'engrais minéraux peut être dangereuse si elle n'est pas associée à une fumure organique et peut entraîner l'acidification des sols, une toxicité aluminique pour les cultures, etc. La détermination des besoins minéraux des cultures en fonction des caractéristiques édaphiques constitue la base de l'approche classique de l'entretien de la

fertilité des sols. Cependant, dans des conditions où les sols sont pauvres en nutriments, l'application de cette stratégie est à éviter et les pratiques de fertilisation doivent s'appuyer sur l'application d'engrais composés ou organiques comme la fumure animale, les engrais verts, les litières, les résidus de cultures, etc. Considérer la fumure organique comme un moyen « traditionnel et démodé » et l'engrais industriel comme « moderne » ne sert pas la cause de la gestion de la fertilité des sols en Afrique.

La gestion intégrée de la fertilité des sols et la diversité des situations

Il est donc nécessaire d'avoir une perception large de la gestion de la fertilité des sols. Gérer le plus grand nombre de sources de fertilité possible, le plus efficacement possible et limiter les pertes en nutriments constituent les bases de la gestion intégrée de la fertilité des sols (Gifs). Cette gestion suit les mêmes principes et objectifs que la gestion intégrée des parasites des cultures. Les deux méthodes visent à développer des stratégies pratiques d'utilisation optimale des ressources locales. Ces stratégies se fondent autant que possible sur les connaissances et la prise de décision des producteurs combinées avec les connaissances scientifiques adaptées.

La Gifs prend en compte la diversité du milieu paysan : diversité d'objectifs de production (ceux des agriculteurs, des éleveurs mais aussi des paysannes), diversité de sol... Cette diversité du milieu paysan met à l'épreuve la capacité de la recherche agricole à formuler des recommandations spécifiques pour chacune des situations spécifiques. Au mieux, la recherche pourra fournir des informations et des lignes de conduite générales. Il revient donc aux paysans de mettre au point les technologies spécifiquement adaptées à leur milieu et d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles. C'est pourquoi, vis-à-vis de l'amélioration de la gestion de la fertilité des sols, il faut souligner que seuls l'apprentissage et l'expérimentation paysanne peuvent donner des réponses efficaces. C'est le thème principal du guide et la raison de sa conception et de sa mise au point.

Les concepts ou notions de toposéquence et de gestion des terres en auréole ou « *ring management* » permettent de distinguer les endroits les plus fertiles et d'expliquer les différences de fertilité à l'échelle d'un terroir ou d'une exploitation. La diversité peut être étudiée à différentes échelles : différences entre les systèmes agraires dans des zones agro-écologiques différentes, différences entre les villages dans une zone agro-écologique donnée, différences entre les exploitations d'un même village, différences des conditions de fertilité des sols dans un même champ donné. Ce guide s'intéresse principalement à l'activité de l'homme utilisant des ressources comme élément majeur des processus de changement et de diversité de la fertilité des sols.

Les flux de matières et de nutriments

A l'échelle de la parcelle, l'état de fertilité du sol dépend surtout des pratiques des paysans et principalement de ce qui a été exporté (production agricole, résidus, adventices) et de la quantité de fumure importée. Ces éléments importés et exportés peuvent être considérés comme des flux, c'est-à-dire des quantités de matières qui se déplacent d'un endroit à un autre. Ces flux ont des éléments en commun : les nutriments (les nutriments dans les céréales récoltées, dans les engrais utilisés, dans la fumure des troupeaux divaguant sur la parcelle...).

Avant de commencer l'analyse des flux de nutriments, il importe de définir l'unité d'analyse et ses limites. Ce guide préconise le système d'exploitation comme unité de base de l'analyse. L'exploitation fait partie du terroir villageois. Le système d'exploitation est composé d'éléments interdépendants : les champs avec différentes cultures et pratiques de gestion, l'élevage, les greniers de stockage, etc. Les éléments à l'origine des flux de ressources et de nutriments entre l'exploitation et le monde extérieur sont aussi à prendre en compte : les marchés d'intrants et de produits agricoles, les parcours communaux où les animaux de l'exploitation vont pâturer... En même temps, le cadre proposé dans ce guide permet l'analyse des flux à l'intérieur de l'exploitation, entre les éléments qui la composent.

Dans cette approche, l'analyse des flux de ressources et de nutriments est limitée aux flux observables facilement par le paysan et dont on peut prouver l'existence à n'importe quel utilisateur de la terre, qu'il soit alphabétisé ou non. Les flux reflètent les interventions des producteurs dans la gestion de leur exploitation, l'utilisation des cultures et des résidus de récolte et de l'application d'engrais. La principale raison pour réduire l'analyse à des flux visibles est que les paysans sont alors dans la possibilité de suivre

et de comprendre l'analyse, ou mieux, de découvrir comment leur exploitation fonctionne. Une analyse scientifique du fonctionnement des systèmes techniques de production comprend évidemment d'autres facteurs comme les pertes de nutriments par lixiviation, érosion, gazéification de l'azote ainsi que les gains de nutriments par les dépôts de poussières et par la fixation symbiotique d'azote. Cependant, un tel degré de précision ne peut être abordé quand on collabore avec les paysans. Aucun de ces processus ne peut être visiblement montrés aux paysans et, par ailleurs, les coûts d'observation de ces phénomènes biophysiques seraient trop élevés. Pourtant, dans les régions où l'érosion hydrique est considérable, il peut être utile d'avoir une idée approximative des pertes de nutriments dues à ce phénomène. Une conséquence de la limitation de l'analyse aux flux visibles est que les bilans de nutriments qui en résultent ne sont que des bilans partiels.

En limitant l'analyse à des flux visibles et palpables, les paysans peuvent assez facilement mesurer eux-mêmes les flux de matières. Si on connaît la teneur en nutriments de ces matières, on peut estimer le changement dans le stock du nutriment du système. Le système est en équilibre quand la quantité des nutriments exportés est à peu près égale à la quantité des nutriments importés. Une trop grande différence entre les deux, aussi bien positive que négative, met en évidence un problème. En cas de bilan positif, il peut y avoir par exemple une mauvaise valorisation économique des ressources en éléments fertilisants. En cas de bilan négatif, le stock de nutriments diminue progressivement si les paysans ne modifient pas leurs pratiques. Les calculs de bilans même partiels permettent de déterminer le sens de l'évolution.

Le même cadre analytique peut être utilisé à l'échelle du champ individuel, ou pour toutes les exploitations d'un village donné, cependant l'analyse devient de plus en plus complexe en raison du nombre plus élevé d'éléments à prendre en compte.

L'apprentissage participatif et la recherche-action

Le guide traite de l'expérimentation paysanne, parce qu'elle est indispensable pour mieux gérer la fertilité des sols. L'expérimentation paysanne est une source de connaissances aussi bien surévaluée que sous-évaluée. Dans le passé, la recherche agricole a souvent ignoré le potentiel de la participation paysanne dans la détermination des priorités de recherche et dans la mise au point des innovations techniques. Afin de compenser cette situation, les partisans de l'expérimentation paysanne ont exagéré son importance.

Pour les auteurs de ce guide, l'expérimentation paysanne fait partie intégrante du processus de l'apprentissage participatif et de la recherche-action. L'objectif de l'apprentissage participatif et de la recherche-action (Apra) est d'appuyer les paysans dans la gestion de la fertilité des sols à l'aide d'une approche combinant (i) diagnostic et analyse de la situation actuelle, (ii) l'expérimentation et l'évaluation des méthodes alternatives de gestion de fertilité des sols et (iii) la planification des interventions à grande échelle. Dans le système Apra, les paysans et les encadreurs-moniteurs (les chercheurs, les techniciens) analysent et identifient des méthodes et des moyens pour mieux exploiter la diversité des ressources disponibles. L'objectif n'est pas de mettre en œuvre la meilleure solution technique ou scientifique pour maintenir la fertilité des sols, mais d'obtenir une solution pratique et applicable par le paysan dans sa situation spécifique. L'hypothèse de base ici est que l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation des ressources de fertilité disponibles est presque partout possible. Par exemple, il est presque toujours possible d'améliorer l'utilisation des ressources fertilisantes issues des parcs bovins (comment mieux gérer le fumier ?), des résidus culturels (comment les paysans traitent et utilisent-ils les résidus des cultures ?) et des ordures ménagères.

La méthode Apra est fondée sur des outils visuels de terrain qui stimulent l'apprentissage des paysans et leur capacité à découvrir les possibilités de gestion de la fertilité au niveau de leur exploitation. Elle commence avec une analyse du système agraire à l'échelle du village. Le guide développe des procédures et outils pour analyser : (i) les paysages dominants, la structure de l'établissement de la population et de son histoire, la gestion des ressources naturelles au niveau du terroir villageois ; (ii) les structures d'information et de communication paysannes et la manière dont les paysans partagent leurs informations et leurs expériences et (iii) les stratégies dominantes de gestion de la fertilité des sols dans le village. Une analyse de la diversité aboutit à une classification des exploitations agricoles réalisée en partenariat avec les producteurs, fondée sur des critères paysans de la gestion de la fertilité des sols. Les

trois types d'analyse (terroir, réseaux d'informations, exploitation agricole) forment la base pour sélectionner des paysans partenaires de la recherche-action.

L'analyse se poursuit au niveau d'un groupe d'exploitations sélectionnées dans les différents types définis. Les paysans dessinent des Cartes des flux de ressources (Cfr) pour visualiser et analyser leurs stratégies de gestion de la fertilité des sols (voir communication de Kanté et al. dans ce document). Une telle carte représente une image simplifiée de l'exploitation et des éléments-clés de gestion de la fertilité des sols et de la structure des flux de ressources de l'exploitation.

L'apprentissage participatif et la recherche-action ne se limitent pas cependant au diagnostic et à l'analyse de la situation actuelle. A partir des résultats de la phase de diagnostic, les paysans développent différentes possibilités de gestion de la fertilité des sols et échangent des expériences et des idées avec leurs collègues et l'équipe Apra. La combinaison de l'analyse et de la prise en compte de nouvelles technologies, encourage les paysans à planifier des actions et à expérimenter de nouvelles pratiques de gestion de la fertilité des sols. Ils évaluent leurs propres expériences et acquis en utilisant la méthodologie de la carte des flux de ressources.

L'information, la connaissance et l'expérience acquises par les paysans expérimentateurs sont régulièrement partagées à travers des plates-formes avec leurs collègues. Les « moniteurs » aident les paysans à devenir des gestionnaires plus astucieux de leurs propres ressources.

En guise de conclusion

Idéalement, le guide était destiné à être utilisé par les paysans eux-mêmes. Cet objectif s'est révélé difficile à réaliser : les auteurs n'ont pu créer un langage technique et une forme de présentation appropriés à la situation du paysan africain moyen. Comprendre les résultats et les appliquer exige un minimum de formation en sciences agricoles que, généralement, les paysans ne possèdent pas. Il n'est donc pas possible, pour le moment, de procéder sans l'intermédiaire de « moniteur » dont la tâche est d'initier les paysans. De ce fait, les possibilités d'extension rapide de la méthode en milieu paysan sont sérieusement réduites sans le recours à des techniciens de développement. Ce guide a surtout été écrit pour des agents de terrain avec un minimum de formation agricole qui ont la volonté de comprendre et d'apprendre dans un processus d'échanges avec les paysans et de leur fournir des outils pour aborder des analyses. Essayer de rendre ce guide plus complet et plus scientifique, aurait pénalisé certains lecteurs et compromis son ambition d'être accessible et facile à utiliser.

La différence entre les deux aspirations (celle des scientifiques et celle, pragmatique, des auteurs) se retrouve dans les types de résultats obtenus. Pour prédire l'évolution d'un système de production en termes de durabilité, il faut des séries de données complexes et normalement coûteuses à obtenir. Les résultats obtenus dans un processus d'apprentissage participatif sont différents, ils concernent une augmentation systématique du nombre de charrettes de fumier produit par saison dans une exploitation, un pourcentage significativement plus grand de résidus gardés et utilisés dans les champs ou l'augmentation des échanges d'informations entre des villages voisins. C'est avec ces paramètres que le processus Apra sera évalué. L'Apra part du principe qu'il n'est pas nécessaire de tout connaître pour améliorer la durabilité de l'utilisation des sols.

Liste des participants



Liste des participants

NOM	Prénom	Adresse
ACHARD	François	Ird, BP 11416 Niamey, Niger achardf@niamey.ird.ne
BADIANE	Aminata	Isra, BP 3120 Dakar, Sénégal aminiane@ns.arc.sn
BARTHOLMEY	Claire	Ird, BP 11416 Niamey, Niger
BLOKLAND	Aad	kit - Mautriskade 63. 1092 AD Amsterdam, Pays-Bas aad.blokland@wxs.nl
BOUTRAIS	Jean	Ird/Ehess, 54 bd de raspail 75006 Paris, France boutrais@ehess.fr
CAPILLON	Alain	Cirad-Ca, av. Agropolis, 34398 Montpellier cedex 5, France alain.capillon@cirad.fr
CARON	Patrick	Cirad-Tera, TA 60/15, 73 rue Jean-François Breton, 34398 Montpellier cedex 5, France patrick.caron@cirad.fr
CLOUET	Yves	Cirad-Tera, TA 60/15, 73 rue Jean-François Breton, 34398 Montpellier cedex 5, France yves.clouet@cirad.fr
DELABRE	Eric	Ird/ Maison de la télédétection, 500 rue Jean-François Breton 34093 Montpellier cedex 5, France eric.delabre@teledetection.fr
D'HERBES	Jean-Marc	Ird/ Maison de la télédétection, 500 rue Jean-François Breton 34093 Montpellier cedex 05, France dherbes@teledetection.fr
DUGUE	Patrick	Cirad-Tera, TA 60/15, 73 rue Jean-François Breton, 34398 Montpellier cedex 5, France patrick.dugue@cirad.fr
FOREST	Francis	Cirad-Ca, av. Agropolis, 34398 Montpellier cedex 5, France forest@cirad.fr
GANRY	Francis	Cirad-Amis, av. Agropolis, 34398 Montpellier cedex 5, France francis.ganry@cirad.fr
GUERIN	Hubert	Cirad-Emvt, av. Agropolis, 34398 Montpellier cedex 5, France hubert.guerin@cirad.fr
GUIBERT	Hervé	Cirad-Ca, av. Agropolis, 34398 Montpellier cedex 5, France herve.guibert@cirad.fr
HIERNAUX	Pierre	Illri/Icrisat, BP 12404 Niamey, Niger P.Hiernaux@cgnet.com
JOUBE	Philippe	Cnearc, 1101 av. d'Agropolis, BP 5098 34033 Montpellier cedex 1, France philippe.jouve@cnearc.fr

Le Cirad, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, est un organisme scientifique spécialisé en agriculture des régions tropicales et subtropicales. Sous la forme d'un établissement public, il est né en 1984 de la fusion d'instituts de recherche en sciences agronomiques, vétérinaires, forestières et agroalimentaires des régions chaudes.

Sa mission : contribuer au développement de ces régions par des recherches, des réalisations expérimentales, la formation, l'information scientifique et technique.

Il emploie 1 800 personnes, dont 900 cadres, qui interviennent dans une cinquantaine de pays. Son budget s'élève à 1 milliard de francs (152 millions d'euros), dont plus de la moitié provient de fonds publics.

Le Cirad comprend sept départements de recherche : cultures annuelles (Cirad-ca) ; cultures pérennes (Cirad-cp) ; productions fruitières et horticoles (Cirad-flhor) ; élevage et médecine vétérinaire (Cirad-emvt) ; forêts (Cirad-forêt) ; territoires, environnement et acteurs (Cirad-tera) ; amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique (Cirad-amis). Le Cirad travaille dans ses propres centres de recherche, au sein de structures nationales de recherche agronomique des pays partenaires, ou en appui à des opérations de développement.

The Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) is a French scientific organization specializing in agricultural research for development for the tropics and subtropics. It is a state-owned body, which was established in 1984 following the consolidation of French agricultural, veterinary, forestry, and food technology research organizations for the tropics and subtropics.

CIRAD's mission is to contribute to the economic development of these regions through research, experiments, training, and dissemination of scientific and technical information.

The Centre employs 1 800 persons, including 900 senior staff, who work in more than 50 countries. Its budget amounts to approximately French francs 1 billion (e152 million), more than half of which is derived from public funds.

CIRAD is organized into seven departments: CIRAD-CA (annual crops), CIRAD-CP (tree crops), CIRAD-FLHOR (fruit and horticultural crops), CIRAD-EMVT (animal production and veterinary medicine), CIRAD-Forêt (forestry), CIRAD-TERA (territories, environment, and people), and CIRAD-AMIS (advanced methods for innovation in science). CIRAD operates through its own research centres, national agricultural research systems, or development projects.

Fertilité et relations agriculture-élevage en zone de savane

Depuis les années 60, l'intégration de l'élevage à l'agriculture a été proposée, en particulier en Afrique sub-saharienne, comme un modèle susceptible d'améliorer la gestion des ressources naturelles et de développer une agriculture durable. On connaît aujourd'hui les limites de ce modèle de développement : non adoption de la culture fourragère, "extensification" des systèmes de culture liée à la traction animale, sous-valorisation de la fumure organique. D'autres techniques complémentaires sont à promouvoir, comme l'agroforesterie ou l'agriculture associant des plantes de couverture. La diffusion de ces techniques nécessite des modes d'organisation reconnus par les différents groupes de producteurs. Pour aborder ces questions, l'atelier "Flux de biomasse et gestion de la fertilité à l'échelle du terroir", qui s'est tenu à Montpellier les 5 et 6 mai 1998, a regroupé une cinquantaine de chercheurs de disciplines différentes, d'Afrique et d'Europe. Les communications présentées et les discussions qui ont suivi traitent des opérations d'appui aux producteurs, des méthodologies et des résultats de recherche dans les domaines de la gestion de la biomasse, des transferts de fertilité au sein du terroir ou de l'exploitation et des relations agriculture-élevage.

Fertility and the relationships between crop and livestock production in savanna regions

Since the 1960s, the introduction of livestock into crop production systems has been recommended as a way of improving natural resource management and sustainability, particularly in sub-Saharan Africa. However, mixed systems have certain limitations, for example the failure to grow forage crops, the "extensification" of crop production systems with animal traction and the tendency to undervalue organic manure. Alternative systems should be encouraged, for example agroforestry, use of cover crops, etc. It is important to diffuse techniques using methods that are acceptable for different farmer groups. A workshop held in Montpellier (5-6 May 1998), "Biomass flows and fertility management on a regional level", set out to address these issues. Fifty African and European scientists from different disciplines attended the workshop. The papers presented and the discussions that ensued covered subjects including the support available to farmers, research methods and results relating to biomass management and fertility transfers on a regional and farm level, and the relationships between crop and livestock production.



Centre de coopération internationale en recherche agronomique
pour le développement

Diffusion : La librairie du Cirad
TA 283/04, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France

ISBN 2-87614-408-5
ISSN 1264-112X